

(24) 101-228401 (P2001-228401A)

i	ri	di	ni	Obj-distance= 251.857
1	-275.517	-185.013	-1.0	M1
2	585.217	199.972		M2
3	507.773	48.488	1.56000	(L1)
4	-238.848	9.987		
5	253.795	25.649	1.56000	
6	544.261	258.577		
7	-100.183	10.000	1.56000	
8	-343.125	108.112		
9	-205.877	10.000	1.56000	
10	-307.653	9.696		
11	0.0(stop)	11.355		
12	308.065	23.350	1.56000	
13	-153.114	45.670		
14	227.822	40.204	1.56000	
15	-183.407	1.004		
16	82.650	12.336	1.56000	
17	80.232	7.123		
18	118.950	10.000	1.56000	
19	54.251	1.597		
20	56.348	44.698	1.56000	
21	-655.354			

$$\beta = 1/6$$

$$L = 1005\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	1.497945e+000	5.904355e-008	4.504214e-012	-6.840591e-016	-4.605410e-019
2	1.802570e+000	-2.958077e-008	-4.331805e-013	-3.958055e-017	1.351662e-020
3	0.000000e+000	-1.396795e-008	-2.011294e-013	9.452577e-019	1.436796e-022
6	0.000000e+000	-5.231213e-009	-2.200408e-013	-7.768341e-018	1.291916e-022
8	0.000000e+000	2.946640e-008	-6.137758e-012	-5.828601e-016	-1.299053e-019
10	0.000000e+000	1.391954e-007	-1.481745e-011	-9.658666e-016	2.464643e-020
13	0.000000e+000	9.888863e-008	1.876874e-011	-3.511423e-016	1.878175e-019
14	0.000000e+000	-1.884359e-009	-1.027341e-011	-6.807870e-016	4.062904e-019
16	0.000000e+000	-1.178575e-007	4.129793e-012	4.790557e-015	8.697392e-019
19	0.000000e+000	1.390299e-008	-3.749927e-010	-4.391543e-014	1.262755e-016
20	0.000000e+000	2.089831e-007	-3.169110e-010	-5.080159e-014	1.188278e-016
i	E	F	G		
1	4.455746e-022	-9.166535e-028	0.000000e+000		
2	-3.311508e-024	2.709386e-028	0.000000e+000		
3	-1.264170e-026	1.297625e-031	0.000000e+000		
6	2.676252e-027	-1.441611e-031	0.000000e+000		
8	1.266955e-023	-2.859330e-027	0.000000e+000		
10	6.808416e-024	2.160753e-027	0.000000e+000		
13	-1.242980e-023	4.020011e-028	0.000000e+000		
14	-4.999088e-023	2.234236e-027	0.000000e+000		
16	-4.381816e-022	6.665268e-025	0.000000e+000		
19	-7.292427e-020	1.490664e-023	0.000000e+000		
20	-8.993891e-020	1.483259e-023	0.000000e+000		

【0084】

【表6】〈实施例6〉

i	ri	di	ni	Obj-distance= 50.000
1	182.889	30.734	1.50000	
2	-503.082	207.487	-1.0	M1
3	-210.424	-187.802		M2
4	659.854	198.134		FL1
5	444.311	36.819	1.50000	
6	-258.965	10.080		
7	453.471	20.966	1.50000	
8	-50557.268	242.046		
9	40075.824	10.080	1.50000	
10	139.483	106.449		
11	-315.120	10.080	1.50000	
12	-598.730	9.819		
13	0.0(stop)	12.688		
14	594.545	31.653	1.50000	
15	-138.456	36.327		
16	237.563	34.661	1.50000	
17	-150.971	0.180		
18	86.895	17.884	1.50000	
19	114.792	5.157		
20	161.292	10.080	1.50000	
21	48.459	2.548		
22	60.326	29.428	1.50000	
23	-1294.344			

$$\beta = 1/5$$

$$L = 956\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.00000e+000	2.099767e-038	9.783077e-013	1.844192e-016	3.604034e-028
3	5.00000e+000	5.501381e-027	1.471305e-010	2.886973e-014	-5.770432e-017
4	-4.00000e+000	-9.108110e-039	-4.799518e-013	-1.502878e-017	3.306710e-021
6	0.00000e+000	-2.136611e-038	4.594331e-013	1.022387e-017	-1.187933e-021
8	0.00000e+000	-9.037445e-039	3.670281e-013	2.497754e-017	-1.935627e-021
10	0.00000e+000	1.034285e-037	-9.750839e-012	-4.421355e-015	-1.558851e-018
12	0.00000e+000	9.773784e-038	-1.873380e-012	-2.797359e-015	9.646417e-019
15	0.00000e+000	8.427543e-011	1.174046e-011	9.170272e-016	-9.544492e-020
16	0.00000e+000	3.081549e-038	-1.715163e-011	-1.340386e-015	4.768602e-019
18	0.00000e+000	-2.081579e-037	-2.247870e-011	7.527512e-015	2.070473e-018
21	0.00000e+000	2.652651e-037	-3.356811e-010	-5.994494e-014	9.695043e-017
22	0.00000e+000	3.826198e-037	-2.597161e-010	-5.670067e-014	7.056558e-017

i	E	F	G
2	-4.028724e-024	1.812870e-028	0.00000e+000
3	2.143537e-020	-3.240090e-024	0.00000e+000
4	-7.115895e-025	4.589207e-029	0.00000e+000
5	3.965841e-026	-6.232492e-031	0.00000e+000
8	9.346277e-026	-2.137983e-030	0.00000e+000
10	-7.137854e-023	-1.911788e-026	0.00000e+000
12	-2.470678e-022	3.056952e-026	0.00000e+000
15	3.885421e-023	-4.096568e-027	0.00000e+000
16	-4.768922e-023	1.934145e-027	0.00000e+000
18	-5.194783e-022	1.217812e-025	0.00000e+000
21	-1.089463e-019	3.144081e-023	0.00000e+000
22	-9.170412e-020	2.592177e-023	0.00000e+000

【0085】

【表7】〈实施例7〉

i	ri	di	si	Obj-distance= 50.000
1	566.885	16.642	1.56000	
2	-710.826	244.154		
3	-293.735	-213.130	-1.0	M1
4	634.175	724.582		M2
5	692.182	18.310	1.56000	FL1
6	-893.803	0.100		
7	228.331	68.764	1.56000	
8	726.828	73.386		
9	244.650	29.831	1.56000	
10	754.198	319.081		
11	213.428	15.000	1.56000	$\beta = 1/5$
12	104.913	106.241		$L = 1199\text{mm}$
13	0.0(stop)	20.000		
14	712.193	86.385	1.56000	
15	278.062	3.429		$NA = 0.6$
16	182.736	24.810	1.56000	
17	-564.680	0.782		
18	157.887	23.135	1.56000	
19	1256.657	1.227		
20	87.955	50.999	1.56000	
21	123.472			

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.000000e+000	3.261813e-008	3.554668e-013	-3.442541e-018	3.565884e-020
3	-1.672735e+000	2.280202e-008	-7.013732e-013	3.718898e-017	-2.862300e-021
4	-1.049283e+000	1.235888e-008	-1.490507e-012	7.744144e-016	-3.612880e-019
6	0.000000e+000	2.918278e-008	4.292516e-015	6.272355e-018	-7.663849e-022
9	0.000000e+000	1.370709e-008	-8.589941e-013	1.501924e-017	-1.136487e-021
12	0.000000e+000	1.980393e-007	2.512422e-011	3.138382e-015	4.147517e-019
15	0.000000e+000	-1.811714e-008	-6.619558e-012	2.887450e-016	-7.936054e-020
16	0.000000e+000	-3.265199e-008	-6.424945e-012	-8.334562e-016	5.276456e-020
18	0.000000e+000	-2.362932e-008	-2.527148e-012	1.656380e-015	2.693269e-020
21	0.000000e+000	2.563403e-008	-8.361181e-011	-1.335715e-015	1.803202e-018

i	E	F	G
2	-1.071873e-023	5.207120e-028	0.000000e+000
3	1.492277e-025	-2.707991e-030	0.000000e+000
4	9.418452e-023	-9.922151e-027	0.000000e+000
6	4.479081e-026	-7.629237e-031	0.000000e+000
9	4.453112e-026	-1.452192e-030	0.000000e+000
12	2.365835e-023	1.782122e-026	0.000000e+000
15	2.958532e-024	-6.298480e-029	0.000000e+000
16	3.674848e-028	1.155101e-028	0.000000e+000
18	-6.493817e-024	-4.440784e-028	0.000000e+000
21	3.786787e-022	-7.589689e-025	0.000000e+000

【0086】

【表8】〈実施例8〉

i	ri	di	ni	Obj distance= 50.000
1	281.541	20.457	1.50000	
2	-1051.836	121.738		
3	387.920	5.000	1.50000	
4	229.873	124.483		
5	-231.999	-124.483	-1.0	M1
6	229.873	-5.000	-1.50	
7	387.920	-91.603	-1.0	M2
8	881.192	91.603		
9	387.920	5.000	1.50000	
10	229.873	134.534		
11	1316.372	24.857	1.50000	FL1
12	-641.793	0.100		
13	290.336	45.391	1.50000	
14	-3338.651	27.518		
15	258.455	38.225	1.50000	
16	708.139	372.871		
17	145.851	15.000	1.50000	
18	87.336	105.457		
19	0.0(stops)	20.000		
20	794.943	80.807	1.50000	
21	-245.392	1.706		
22	219.487	25.203	1.50000	
23	-440.290	0.297		
24	158.783	29.541	1.50000	
25	3904.077	9.391		
26	91.029	52.047	1.50000	
27	147.896			

$$\beta = 1/5$$

$$L = 1198\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.00000e+000	1.670153e-008	-7.564590e-013	1.840318e-017	-8.896236e-021
4	0.00000e+000	-2.210204e-008	3.615438e-012	-2.715457e-016	1.987678e-020
5	-1.617880e+000	2.100840e-008	2.048446e-013	-9.887279e-017	9.141985e-021
6	0.00000e+000	-2.210204e-008	3.615438e-012	-2.715457e-016	1.987678e-020
8	2.782076e+000	1.108410e-008	8.595356e-013	-4.263225e-017	-8.502443e-020
10	0.00000e+000	-2.210204e-008	3.615438e-012	-2.715457e-016	1.987678e-020
12	0.00000e+000	4.440282e-009	-3.621140e-013	2.360928e-018	3.305837e-023
15	0.00000e+000	-1.135774e-008	-4.288698e-013	6.421899e-018	-2.275888e-022
18	0.00000e+000	1.483922e-007	1.741862e-011	2.796320e-015	3.491260e-019
21	0.00000e+000	1.254475e-008	-2.828203e-012	-1.671056e-016	3.582427e-020
22	0.00000e+000	-1.099866e-008	-2.113914e-012	-4.980979e-016	4.480872e-020
24	0.00000e+000	-2.754027e-008	-3.324771e-012	1.073081e-016	5.780353e-020
27	0.00000e+000	-2.478578e-008	1.119494e-011	-4.674713e-014	1.765113e-017

i	E	F	G
2	1.090188e-024	-5.939842e-029	0.000000e+000
4	-1.063676e-024	2.691088e-030	0.000000e+000
5	-5.265078e-025	1.391005e-029	0.000000e+000
6	-1.063676e-024	2.691088e-030	0.000000e+000
8	2.574157e-023	-2.657189e-027	0.000000e+000
10	-1.063676e-024	2.691088e-030	0.000000e+000
12	-2.574290e-023	1.413732e-031	0.000000e+000
15	2.857148e-026	7.381569e-032	0.000000e+000
18	8.679435e-024	1.093535e-026	0.000000e+000
21	-2.719953e-024	1.131354e-028	0.000000e+000
22	2.024346e-025	-8.888050e-029	0.000000e+000
24	-1.099840e-023	2.651758e-026	0.000000e+000
27	-5.170134e-021	8.559204e-025	0.000000e+000

i	ri	di	hi	Obj distance	51.000
1	-1815.127	22.814	1.50000		
2	-265.701	23.100			
3	1292.112	34.549	1.50000	LP1	
4	329.343	239.736			
5	-126.569	15.000	1.50000	LN1	
6	1807.475	23.600			
7	187.707	-23.600	-1.0	M1	
8	1807.475	-15.000	1.50	LN1	
9	-126.569	-239.736	-1.0		
10	-329.343	-34.549	-1.50	LP1	
11	1292.112	-3.300	-1.0		
12	-816.892	3.300		M2	
13	1292.112	34.549	1.50000	LP1	
14	329.343	232.723			
15	7361.512	15.834	1.50000	FL1	
16	-927.738	0.100			
17	304.902	27.547	1.50000		
18	1478.904	10.000			
19	218.515	27.905	1.50000		
20	527.237	169.549			
21	278.804	10.000	1.50000		
22	98.585	128.224			
23	-147.170	10.000	1.50000		
24	2898.421	31.011			
25	415.702	30.726	1.50000		
26	-162.240	9.199			
27	0.0 (stop)	45.578			
28	190.492	37.399	1.50000		
29	-267.624	7.277			
30	95.129	41.064	1.50000		
31	116.210	15.886			
32	91.034	43.273	1.50000		
33	-411.423				

$$\beta = 1/5$$

$$L = 1166\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.000000e+000	5.530494e-008	1.163655e-012	-6.282393e-017	-2.529751e-021
4	0.000000e+000	-1.892175e-008	4.266967e-013	1.121436e-017	-3.030043e-021
5	0.000000e+000	1.883815e-007	8.890835e-012	-1.389392e-015	5.421039e-019
7	9.165216e-004	2.675864e-008	1.316178e-012	2.684592e-017	-3.317487e-020
9	0.000000e+000	1.663815e-007	8.890835e-012	-1.389392e-015	5.421039e-019
10	0.000000e+000	-1.892175e-008	4.266967e-013	1.121436e-017	-3.030043e-021
12	5.000000e+000	-2.389171e-009	1.539504e-013	8.799722e-018	-2.247802e-021
14	0.000000e+000	-1.892175e-008	4.266967e-013	1.121436e-017	-3.030043e-021
16	0.000000e+000	1.255392e-008	-3.238808e-013	5.818116e-017	-7.054083e-021
17	0.000000e+000	4.718529e-008	-5.145563e-013	7.657583e-017	-9.189123e-021
22	0.000000e+000	-1.928959e-007	-1.154247e-011	4.702416e-017	-5.121045e-020
23	0.000000e+000	-3.035320e-007	-1.833933e-011	-2.138991e-015	-4.800557e-019
25	0.000000e+000	2.223625e-008	5.913986e-012	-1.487766e-018	4.855942e-020
28	0.000000e+000	1.714079e-008	1.881507e-012	-6.712943e-018	6.008422e-020
31	0.000000e+000	-1.372656e-008	7.858069e-011	-5.828110e-015	1.273953e-018
32	0.000000e+000	-5.643549e-007	1.451319e-011	-6.462196e-016	-8.490119e-019
i	E	F	G		
2	5.269738e-025	-2.301578e-029	0.000000e+000		
4	1.639180e-025	-3.981772e-030	0.000000e+000		
5	-2.795760e-022	4.335786e-026	0.000000e+000		
7	-4.892824e-023	1.484940e-027	0.000000e+000		
9	-2.795760e-022	4.335786e-026	0.000000e+000		
10	1.639180e-025	-3.981772e-030	0.000000e+000		
12	1.259949e-025	-3.392139e-030	0.000000e+000		
14	1.639180e-025	-3.981772e-030	0.000000e+000		
16	4.425044e-026	-1.068897e-029	0.000000e+000		
17	5.661917e-026	-1.358877e-029	0.000000e+000		
22	6.968881e-024	-1.633272e-027	0.000000e+000		
23	6.415823e-023	-3.092374e-026	0.000000e+000		
25	-3.315784e-024	1.932164e-028	0.000000e+000		
28	-2.320860e-024	6.485526e-029	0.000000e+000		
31	-4.331702e-023	5.899488e-027	0.000000e+000		
32	2.192732e-022	-3.845738e-026	0.000000e+000		

【0088】

【表10】〈实施例10〉

i	ri	di	ni	Obj-distance= 50.836
1	146.528	21.753	1.56000	
2	279.102	29.521		
3	-775.259	24.514	1.56000	LP1
4	-290.509	319.054		
5	-127.746	15.000	1.56000	LN1
6	901.597	15.068		
7	-165.815	-15.368	-1.0	M1
8	901.597	-15.000	-1.56	LN1
9	-127.746	319.054	-1.0	
10	-290.509	-24.514	-1.56	LP1
11	-775.259	-2.093	-1.0	M2
12	1091.384	2.093		
13	-775.259	24.514	1.56000	LP1
14	-290.509	366.602		
15	-775.259	23.975	1.56000	FL1
16	-353.516	16.059		
17	278.912	55.728	1.56000	
18	1301.137	10.000		
19	230.345	40.089	1.56000	
20	858.076	149.157		
21	-1139.752	10.000	1.56000	
22	209.257	153.635		
23	141.077	10.000	1.56000	
24	77.186	30.123		
25	291.156	29.071	1.56000	
26	-210.751	4.097		
27	0.0(xtop)	21.331		
28	204.073	51.876	1.56000	
29	-109.375	0.559		
30	220.620	23.237	1.56000	
31	552.582	4.737		
32	63.753	26.844	1.56000	
33	-13602.988			

$$\beta = 1/5$$

$$L = 1160\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfacen

i	K	A	B	C	D
2	0.00000e+000	8.655896e-008	-1.231783e-012	1.505671e-016	-1.394852e-020
4	0.00000e+000	-2.107372e-008	5.599304e-013	-3.456775e-017	4.281857e-021
5	0.00000e+000	1.493901e-007	-9.642930e-012	-1.428407e-016	-3.220452e-019
7	1.881904e-001	3.492160e-008	2.674541e-013	-1.521875e-017	-4.134260e-020
9	0.00000e+000	1.493901e-007	9.642930e-012	-1.428407e-016	-3.220452e-019
10	0.00000e+000	-2.107372e-008	5.599304e-013	-3.456775e-017	4.281857e-021
12	-3.641713e+000	-1.337813e-006	6.993453e-013	-2.932269e-017	3.056970e-021
14	0.00000e+000	-2.107372e-008	5.599304e-013	-3.456775e-017	4.281857e-021
16	0.00000e+000	-1.271367e-008	1.325186e-012	-6.546573e-017	2.762947e-021
19	0.00000e+000	-7.542101e-008	1.512560e-012	-8.198475e-017	3.416016e-021
22	0.00000e+000	-1.103975e-007	6.579457e-012	-1.751415e-016	-1.137648e-020
23	0.00000e+000	-6.584060e-007	-9.731531e-011	-4.823080e-015	-1.676955e-018
26	0.00000e+000	-2.178389e-007	-1.364187e-011	1.018419e-014	-1.147459e-018
28	0.00000e+000	-1.274240e-007	-3.607152e-011	8.050126e-015	-1.032749e-018
31	0.00000e+000	6.891916e-005	9.356365e-012	3.785313e-010	3.015742e-018
32	0.00000e+000	-1.469212e-007	-7.704012e-012	-3.664705e-015	3.444260e-018

i	E	F	G
2	2.274640e-024	-9.987248e-029	0.000000e+000
4	-2.058811e-025	2.643547e-031	0.000000e+000
5	6.834179e-023	-3.369361e-027	0.000000e+000
7	4.884293e-024	-2.923001e-026	0.000000e+000
9	6.834179e-023	3.369361e-027	0.000000e+000
10	-2.058811e-025	2.643547e-031	0.000000e+000
12	-1.636507e-025	2.516890e-030	0.000000e+000
14	-2.058811e-025	2.643547e-031	0.000000e+000
16	-7.218715e-026	8.925086e-031	0.000000e+000
19	-9.168937e-026	1.136094e-030	0.000000e+000
22	3.478710e-024	-1.372775e-028	0.000000e+000
23	1.557755e-021	-4.765741e-026	0.000000e+000
26	1.658131e-022	9.278469e-027	0.000000e+000
28	8.644423e-023	-4.735347e-027	0.000000e+000
31	-7.985615e-022	1.352555e-025	0.000000e+000
32	-5.454904e-022	-8.938672e-026	0.000000e+000

【0089】

【表11】〈实施例11〉

i	ri	di	ni	Obj-distance= 50.852
1	548.485	18.225	1.56000	
2	-348.353	404.377		
3	-117.591	16.000	1.56000	LN1
4	-11246.509	21.694		
5	-181.192	-21.694	1.0	M1
6	-11246.509	-16.000	-1.56	LN1
7	-117.591	-352.697	-1.0	
8	-2026.523	-16.852	1.56	LP1
9	461.050	-4.821	-1.0	
10	-375.455	4.821		M2
11	461.050	16.852	1.56000	LP1
12	-2026.523	396.890		
13	1177.423	42.780	1.56000	FL1
14	-501.352	0.404		
15	315.835	47.177	1.56000	
16	1252.990	5.907		
17	200.947	27.200	1.56000	
18	240.840	296.917		
19	-199.453	10.000	1.56000	
20	602.106	175.501		
21	-186.356	10.000	1.56000	
22	428.889	12.245		
23	541.516	30.056	1.56000	
24	-149.805	8.704		
25	0.0(stop)	45.181		
26	179.275	33.860	1.56000	
27	-370.567	9.275		
28	64.982	43.811	1.56000	
29	81.799	18.320		
30	68.314	41.095	1.56000	
31	-681.687			

$$\beta = 1/4$$

$$L = 1430\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	4.575380e-008	7.817622e-013	5.883897e-016	1.371733e-019
3	0.000000e+000	1.832675e-008	2.154552e-013	1.520651e-016	-8.218511e-021
5	8.415167e-001	1.155130e-008	1.103262e-013	1.408211e-017	-1.720226e-021
7	0.000000e+000	1.832675e-008	-2.154552e-013	1.520651e-016	-8.218511e-021
8	0.000000e+000	2.539857e-009	5.897618e-013	-2.706678e-016	2.977375e-020
10	6.525900e-001	-3.453255e-010	5.892838e-013	-1.705739e-016	1.444844e-020
12	0.000000e+000	2.539857e-009	5.897618e-013	-2.706678e-016	2.977375e-020
14	0.000000e+000	-2.178001e-009	4.103517e-013	-1.817801e-017	5.715837e-022
15	0.000000e+000	4.483480e-009	3.163775e-014	7.085293e-019	0.000000e+000
17	0.000000e+000	-1.282492e-008	3.641378e-013	-2.566752e-017	6.095086e-022
20	0.000000e+000	2.691714e-008	3.794681e-012	1.756293e-016	-1.531138e-020
21	0.000000e+000	-2.046596e-007	3.686717e-012	4.769864e-016	-8.554869e-020
24	0.000000e+000	1.946135e-008	5.791059e-012	-3.912939e-016	4.417233e-020
25	0.000000e+000	2.141413e-009	-8.073433e-013	-6.990201e-016	6.444734e-020
29	0.000000e+000	-2.143697e-008	3.327692e-011	-5.094583e-016	1.783172e-018
30	0.000000e+000	-2.026052e-007	-8.522637e-012	-7.050867e-015	1.840499e-018

i	E	F	G
1	-1.760415e-023	8.840230e-028	0.000000e+000
3	8.179883e-025	8.765913e-028	0.000000e+000
5	5.814160e-026	4.284447e-029	0.000000e+000
7	8.179883e-025	8.765913e-028	0.000000e+000
8	-1.502713e-024	2.475219e-029	0.000000e+000
10	-1.403417e-025	-3.422020e-029	0.000000e+000
12	1.502713e-024	2.475219e-029	0.000000e+000
14	-1.027112e-026	8.042716e-032	0.000000e+000
15	3.066558e-028	0.000000e+000	0.000000e+000
17	-8.993226e-027	-1.018382e-031	0.000000e+000
20	5.283744e-024	-5.385611e-028	0.000000e+000
21	5.835557e-024	-1.385454e-027	0.000000e+000
24	-3.399010e-024	9.301932e-029	0.000000e+000
25	-1.453019e-024	7.077619e-029	0.000000e+000
29	-4.057579e-022	7.496099e-026	0.000000e+000
30	-1.434595e-021	-8.941485e-027	0.000000e+000

【0090】

【表1.2】〈実施例1.2〉

i	ri	di	ni	Obj-distances
1	973.794	19.086	1.56000	53.246
2	-274.730	408.564		
3	-117.937	15.000	1.56000	IN1
4	-21944.448	22.129		
5	-182.531	-22.129	-1.0	M1
6	-21944.448	-15.000	-1.56	IN1
7	-117.937	-391.508	-1.0	
8	-2342.325	-16.507	-1.56	LP1
9	447.067	-0.506	-1.0	
10	-378.377	0.506		M2
11	447.067	16.507	1.56000	LP1
12	-2342.325	373.416		
13	1097.080	47.171	1.56000	FL1
14	-515.510	27.362		
15	280.430	47.913	1.56000	
16	718.518	7.108		
17	198.348	27.611	1.56000	$\beta = 1/4$
18	249.428	300.922		$L = 1430\text{mm}$
19	-216.473	10.000	1.56000	$NA = 0.6$
20	445.322	181.217		
21	-171.590	10.000	1.56000	
22	666.307	32.257		
23	625.617	30.422	1.56000	
24	-151.533	8.809		
25	0.0(stop)	47.260		
26	180.626	38.149	1.56000	
27	-335.594	9.318		
28	100.005	44.237	1.56000	
29	88.536	17.909		
30	70.805	41.541	1.56000	
31	-1049.267			

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	4.255133e-003	1.395979e-013	-1.009633e-015	4.472928e-021
3	0.000000e+000	1.715982e-003	1.867843e-013	1.918570e-017	-5.526782e-020
5	8.550877e-001	1.081079e-008	1.551602e-012	7.022929e-018	-6.098034e-021
7	0.000000e+000	1.715982e-003	1.867843e-013	1.918570e-017	-5.526782e-020
8	0.000000e+000	3.098551e-009	2.787833e-013	-1.677261e-016	1.684901e-020
10	9.872928e-001	1.142429e-009	4.039291e-013	-8.905924e-017	4.728326e-021
12	0.000000e+000	3.098551e-009	2.787833e-013	-1.677261e-016	1.684901e-020
14	0.000000e+000	-8.058678e-009	5.469868e-013	-1.863316e-017	4.646973e-022
15	0.000000e+000	8.519915e-010	1.397584e-013	-9.409188e-019	0.000000e+000
17	0.000000e+000	-1.822385e-008	3.461773e-013	-2.486759e-017	4.418373e-022
20	0.000000e+000	3.095376e-008	4.873768e-012	2.382915e-016	-8.006933e-021
21	0.000000e+000	-1.728562e-007	1.235438e-011	8.006503e-016	-5.090344e-020
24	0.000000e+000	3.819315e-008	6.635548e-012	-2.544128e-016	3.475391e-020
26	0.000000e+000	5.160833e-009	-9.587670e-013	-5.829555e-016	5.807196e-020
29	0.000000e+000	-3.273895e-009	2.684783e-011	-4.590743e-015	2.375151e-018
30	0.000000e+000	-1.430127e-007	-8.551894e-012	-7.235770e-015	4.163768e-018

i	E	F	G
1	1.933968e-024	-3.573554e-028	0.000000e+000
3	9.440974e-024	1.973849e-028	0.000000e+000
5	4.929424e-025	1.438389e-029	0.000000e+000
7	9.440974e-024	1.973849e-028	0.000000e+000
8	-7.086691e-025	6.530829e-030	0.000000e+000
10	2.776075e-025	-3.188109e-029	0.000000e+000
12	-7.086691e-025	6.530829e-030	0.000000e+000
14	-6.737904e-027	4.401325e-032	0.000000e+000
15	1.176178e-027	0.000000e+000	0.000000e+000
17	-5.168404e-027	-1.986704e-031	0.000000e+000
20	7.977247e-024	-8.335599e-026	0.000000e+000
21	-4.004980e-024	5.894950e-028	0.000000e+000
24	-2.492308e-024	4.150752e-029	0.000000e+000
26	-3.458190e-024	9.835304e-029	0.000000e+000
29	-7.369796e-022	6.477749e-026	0.000000e+000
30	-2.463212e-021	2.053279e-025	0.000000e+000

i	ri	di	ni	Obj-distance= 385.595
1	-459.459	-335.573	-1.0	M1
2	3067.293	748.381		M2
3	-739.933	-391.713	-1.0	FM1
4	-573.825	392.713		FM2
5	0.0(stop)	60.000		
6	-138.197	54.213	1.56000	
7	-119.178	0.100		
8	117.405	51.990	1.56000	
9	519.563	6.291		
10	78.099	41.649	1.56000	
11	1057.227	0.100		
12	1050.175	15.000	1.56000	
13	87.469	11.904		
14	325.920	29.310	1.56000	
15	-1292068.739			

$$\beta = 1/5$$

$$L = 1100\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	2.151232e+000	2.074850e-008	1.026497e-012	1.000198e-016	-1.543777e-020
2	1.565028e+000	-1.030439e-008	-8.656374e-014	1.017770e-017	-3.830427e-021
3	-1.579807e-001	-1.873321e-010	-2.793967e-016	-3.554540e-021	7.688159e-026
4	-1.562277e+000	-9.150769e-009	-8.581363e-014	-1.454695e-017	2.978012e-021
7	0.000000e+000	-1.113320e-008	6.313114e-012	-4.925043e-016	6.437342e-020
8	0.000000e+000	5.404994e-009	-2.805582e-012	1.453407e-016	-4.789462e-020
10	0.000000e+000	-1.606239e-007	1.691804e-012	-2.752745e-015	1.781576e-019
13	0.000000e+000	2.498212e-007	1.350239e-011	2.359108e-014	5.612084e-019
14	0.000000e+000	4.979099e-007	-1.344689e-010	4.588479e-014	-2.537504e-017

i	E	F	G
1	3.311515e-024	-2.995664e-028	0.000000e+000
2	5.161873e-025	-2.729459e-029	0.000000e+000
3	-1.127394e-030	7.746168e-036	0.000000e+000
4	-3.412103e-025	1.755156e-029	0.000000e+000
7	-4.171130e-024	1.891343e-028	0.000000e+000
8	4.264568e-024	-3.356973e-028	0.000000e+000
10	-4.625225e-023	-2.846830e-028	0.000000e+000
13	-2.105753e-021	1.040548e-024	0.000000e+000
14	7.650574e-021	-1.459197e-024	0.000000e+000

【0092】

【表14】〈实施例14〉

i	ri	di	ni	Obj-distance= 397.959
1	-447.799	-347.959	-1.0	M1
2	11489.249	811.432		M2
3	-804.784	-422.009	-1.0	FM1
4	-1121.103	15.000	-1.56	LF
5	-431.809	-5.561	-1.0	
6	-1235.236	5.561		FM2
7	-431.809	15.000	1.56000	LF
8	-1121.103	423.009		
9	0.0(stop)	56.691		
10	-128.913	19.560	1.56000	
11	-108.272	0.309		
12	124.318	28.713	1.56000	
13	694.622	0.100		
14	78.512	42.819	1.56000	$\beta = /5$
15	219.566	9.184		$L = 1100\text{mm}$
16	-741.750	15.000	1.56000	$NA = 0.6$
17	92.545	14.848		
18	73.879	20.344	1.56000	
19	-2120.514			

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	1.651069e+000	2.374926e-008	1.702835e-012	1.390779e-017	2.614732e-020
2	-4.000000e+000	-1.043013e-008	-1.517620e-013	4.986190e-018	-2.371680e-021
3	-7.038388e-002	-1.823532e-010	-2.150504e-016	-1.108786e-021	1.340316e-026
4	-3.327967e+000	-8.674101e-009	-1.051516e-013	-5.752138e-018	6.145431e-022
11	0.000000e+000	4.892931e-008	-5.416482e-013	5.381903e-016	1.678633e-020
12	0.000000e+000	7.048042e-008	2.284679e-012	-9.628527e-016	3.338522e-019
14	0.000000e+000	-3.924140e-008	-8.582640e-012	1.843538e-015	-3.326077e-019
16	0.000000e+000	8.970756e-007	3.402220e-011	3.720934e-014	1.395150e-017
18	0.000000e+000	7.110875e-007	-5.771239e-011	5.210874e-014	-9.240921e-018

i	E	F	G
1	-7.722632e-024	7.500718e-028	0.000000e+000
2	2.760856e-025	-1.354385e-029	0.000000e+000
3	-1.379314e-031	5.943291e-037	0.000000e+000
4	-5.871993e-026	2.213211e-030	0.000000e+000
11	-6.073286e-024	6.405299e-028	0.000000e+000
12	-4.157626e-023	2.508234e-027	0.000000e+000
14	2.612172e-024	2.192107e-027	0.000000e+000
16	-5.673999e-021	3.032484e-024	0.000000e+000
18	6.249971e-021	9.050086e-031	0.000000e+000

【0093】

【表15】〈实施例15〉

i	ri	di	ni	Obj-distance=
1	204.213	15.833	1.56000	50.000
2	3825.784	413.292		
3	-108.572	15.000	1.56000	LN1
4	-857.552	17.304		
5	-187.562	-17.304	-1.0	M1
6	-857.552	-15.000	-1.56	LN1
7	-108.572	-408.626	-1.0	
8	-1909.161	951.679		M2
9	-858.848	-459.710	-1.0	FM1
10	-214.544	-26.074	-1.56	LF
11	-423.622	-4.701	-1.0	
12	-291.919	4.701		FM2
13	-423.622	26.074	1.56000	LF
14	-214.544	400.010		
15	0.0(stop)	59.759		
16	424.683	15.005	1.56000	
17	-637.707	0.101		
18	136.307	20.950	1.56000	
19	482.071	0.101		
20	86.180	31.425	1.56000	$\beta = 1/4$
21	180.516	9.506		$L = 1190\text{mm}$
22	108.812	15.000	1.56000	$NA = 0.6$
23	55.211	16.293		
24	82.713	23.334	1.56000	
25	-343.416			

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	7.845851e-008	3.480979e-012	-2.192632e-016	2.652276e-020
2	0.000000e+000	1.281363e-007	5.213100e-012	-3.909292e-016	-2.757054e-020
3	0.000000e+000	5.511695e-008	2.742338e-012	2.976607e-016	-8.135784e-020
5	9.757358e-001	2.245223e-008	4.901850e-013	4.876359e-017	-9.218124e-021
7	0.000000e+000	5.511695e-008	2.742338e-012	2.976607e-016	-8.135784e-020
8	-2.324211e-001	-3.741519e-009	-2.955745e-014	3.165393e-013	-1.721869e-022
9	-1.361560e-001	-4.438792e-012	4.120307e-018	5.561688e-023	1.639361e-026
10	0.000000e+000	1.134555e-008	-5.474633e-013	-1.044929e-016	1.349272e-020
12	2.922694e+000	2.325940e-008	-2.396438e-013	-1.043028e-016	2.382476e-020
14	0.000000e+000	1.134555e-008	-5.474633e-013	-1.044928e-016	1.349272e-020
16	0.000000e+000	-5.994350e-008	-4.756412e-012	-8.685336e-017	-1.026534e-019
18	0.000000e+000	-8.290830e-008	-4.984870e-012	1.936271e-015	8.131779e-021
20	0.000000e+000	4.860989e-008	1.213638e-011	-2.550341e-015	9.673512e-020
23	0.000000e+000	-4.300839e-007	-3.408035e-011	-3.710689e-015	-2.158579e-018
24	0.000000e+000	-3.101203e-007	-4.756363e-011	1.545142e-015	1.793645e-020

i	E	F	G
1	-1.461145e-023	1.281999e-027	0.000000e+000
2	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
3	3.995845e-023	-2.211509e-027	0.000000e+000
5	3.224225e-024	-1.287665e-028	0.000000e+000
7	3.995845e-023	-2.211509e-027	0.000000e+000
8	1.248827e-026	-4.508298e-032	0.000000e+000
9	-3.247603e-031	1.929812e-036	0.000000e+000
10	-5.294010e-025	6.522725e-030	0.000000e+000
12	-1.583354e-024	3.413090e-029	0.000000e+000
14	-5.294010e-025	6.522725e-030	0.000000e+000
16	2.849939e-023	-2.173374e-027	0.000000e+000
18	-3.531059e-023	2.226964e-027	0.000000e+000
20	-3.275165e-023	5.637523e-027	0.000000e+000
23	-3.457497e-021	4.909090e-025	0.000000e+000
24	-1.908395e-021	8.087019e-025	0.000000e+000

i	ri	di	ni	Obj-distances= 50.267
1	282.935	21.255	1.56000	
2	3684.211	449.103		
3	-267.457	15.000	1.56000	LN1
4	-1371.221	5.446		
5	-321.384	-5.446	-1.0	N1
6	-1371.221	-15.000	-1.56	LN1
7	-267.457	-338.525	-1.0	
8	-1540.137	368.971		S2
9	440.689	35.890	1.56000	FL1
10	-1887.670	362.966		
11	-922.602	-332.666	-1.0	FM1
12	8422.125	-15.000	-1.56	LF
13	-462.452	-5.300	-1.0	
14	-1026.228	5.270		FM2
15	-462.452	15.000	1.56000	LF
16	8422.125	268.193		
17	0.0(stop)	64.503		
18	237.850	23.809	1.56000	
19	2990.687	12.038		
20	135.928	34.579	1.56000	
21	622.451	3.846		
22	144.391	38.185	1.56000	
23	205.170	2.454		
24	114.728	15.000	1.56000	
25	72.687	9.881		
26	78.971	64.113	1.56000	
27	2179.982			

$$\beta = 1/5$$

$$L = 1190\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	4.950479e-008	-1.556187e-012	1.719144e-017	2.105431e-021
3	0.000000e+000	-5.113917e-009	-2.873876e-012	2.602766e-017	6.788996e-020
5	7.999895e-001	-1.716298e-009	-1.163867e-012	2.214635e-018	2.170496e-020
7	0.000000e+000	-5.113917e-009	-2.873876e-012	2.602766e-017	6.788996e-020
8	0.000000e+000	3.994191e-009	-6.858541e-014	-1.799842e-018	-3.213142e-023
9	0.000000e+000	-4.745677e-009	9.797308e-015	-1.323010e-019	1.557371e-024
11	-3.742879e-001	-9.987061e-011	-8.267759e-015	2.319422e-020	-3.735582e-026
12	0.000000e+000	1.256240e-008	2.224328e-012	-1.743188e-015	1.074418e-019
14	3.922730e+000	-2.955486e-008	-3.015675e-013	-1.303534e-015	8.709164e-020
16	0.000000e+000	1.256240e-008	2.224328e-012	-1.743188e-015	1.074418e-019
20	0.000000e+000	-4.228533e-008	-1.756337e-012	-1.341137e-016	-6.216530e-021
22	0.000000e+000	1.397442e-008	-6.652675e-013	1.180182e-016	1.951565e-020
25	0.000000e+000	4.243718e-008	1.008140e-011	-5.060486e-016	-5.795582e-020
26	0.000000e+000	-1.152710e-007	4.633120e-012	-7.184290e-016	-1.922688e-019

i	E	F	G
1	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
3	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
5	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
7	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
8	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
9	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
11	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
12	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
14	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
16	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
20	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
22	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
25	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
26	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000

【0095】

【表17】〈实施例17〉

i	ri	di	ni	Obj-distance= 54.302
1	145.868	15.854	1.56000	
2	277.033	421.902		
3	-331.764	15.000	1.56000 LN1	
4	427.187	37.533		
5	-243.163	-37.533	-1.0 M1	
6	427.187	-15.000	-1.56 LN1	
7	-331.764	-400.174	-1.0	
8	-1050.590	462.707	M2	
9	1082.335	45.592	1.56000 FL1	
10	-506.181	412.093		
11	-556.173	-340.231	-1.0 FM1	
12	890.632	-49.792	-1.56 LF	
13	129.563	-12.279	-1.0	
14	503.060	12.279		
15	129.563	49.792	1.56000 FM2	
16	890.632	308.835	LF	
17	0.0(stop)	34.831		
18	212.803	15.000	1.56000	$B \approx 1/4$
19	358.696	0.100		$L = 1188\text{mm}$
20	154.082	17.857	1.56000	$NA = 0.6$
21	1455.450	0.107		
22	233.915	24.251	1.56000	
23	-187.460	0.245		
24	107.213	15.000	1.56000	
25	70.401	6.731		
26	78.313	40.387	1.56000	
27	-274.349			

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	-4.543384e-008	2.008795e-013	-5.987597e-017	-7.178408e-022
3	0.000000e+000	-1.396774e-008	-1.312596e-012	-4.099589e-017	-1.204130e-021
5	2.136452e+000	7.442417e-009	1.306120e-013	2.191394e-018	-3.414108e-023
7	0.000000e+000	-1.396774e-008	-1.312596e-012	-4.099589e-017	-1.204130e-021
8	3.674765e-001	-5.080134e-009	-2.169303e-013	-7.383665e-018	-2.178989e-022
9	0.000000e+000	-3.096618e-009	5.122385e-015	-3.324130e-020	-2.496687e-026
11	-6.480972e-001	7.109927e-010	-3.912529e-015	3.016030e-021	-2.009020e-027
13	0.000000e+000	-1.535424e-008	-4.271143e-013	-5.423533e-017	2.156146e-021
14	-2.947254e-001	1.359848e-009	-1.353039e-013	1.572367e-017	-1.209804e-021
15	0.000000e+000	-1.535424e-008	-4.271143e-013	-5.423533e-017	2.156146e-021
20	0.000000e+000	-1.254255e-007	-3.689620e-012	-1.110955e-015	1.994369e-019
22	0.000000e+000	-1.374195e-007	-1.437806e-011	2.602627e-015	-3.618777e-019
25	0.000000e+000	8.431891e-008	-2.787795e-011	-9.578735e-015	-5.255977e-018
26	0.000000e+000	7.697163e-008	1.013736e-011	6.851146e-015	-4.255775e-018

i	E	F	G
1	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
3	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
5	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
7	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
8	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
9	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
11	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
13	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
14	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
15	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
20	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
22	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
25	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
26	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000

i	ri	di	ni	Obj-distance=	51.375
1	294.105	24.410	1.56000		
2	-2765.872	417.853			
3	-116.294	15.000	1.56000	LN1	
4	-2872.831	20.722			
5	-186.216	20.722	-1.0	M1	
6	-2872.831	15.000	-1.56	LN1	
7	-116.294	-383.281	-1.0		
8	-1505.952	429.623		M2	
9	444.841	53.934	1.56000	FO	
10	-3098.408	334.815			
11	-948.436	-300.896	-1.0	FM1	
12	-314.227	16.435	-1.56	FO	
13	-824.058	-7.484	-1.0		
14	-326.089	7.484		FM2	
15	-824.058	16.435	1.56000		
16	-314.227	301.796			
17	0.0(stop)	55.267			
18	654.574	17.101	1.56000		
19	-493.112	0.100			
20	127.646	36.817	1.56000		
21	9721.169	9.587			B = 1/4
22	124.513	18.292	1.56000		L = 1197mm
23	107.027	11.036			NA = 0.6
24	94.369	15.000	1.56000		
25	93.351	9.999			
26	115.073	47.374	1.56000		
27	-373.527				

Spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	3.270469e-008	-2.618357e-012	4.062834e-016	-5.211535e-020
3	0.000000e+000	4.411046e-009	-5.444659e-013	-4.482642e-017	1.266365e-019
5	9.780048e-001	1.163827e-008	2.616720e-013	-9.055597e-019	1.119604e-020
7	0.000000e+000	4.411046e-009	-5.444659e-013	-4.482642e-017	1.266365e-019
8	-1.539537e+000	3.786900e-009	-9.453627e-014	3.248795e-018	-2.012036e-022
9	0.000000e+000	-4.149266e-009	2.307771e-015	-1.751852e-021	-1.213130e-024
11	-3.776756e+000	-4.342111e-010	-2.394400e-015	5.496029e-020	-1.406823e-024
12	0.000000e+000	-1.673853e-009	-3.281730e-012	6.683323e-016	-8.393102e-020
14	-3.600157e+000	-3.076829e-008	-3.309550e-012	6.132785e-016	-1.002042e-019
16	0.000000e+000	-1.673853e-009	-3.281730e-012	6.683323e-016	-8.393102e-020
19	0.000000e+000	1.130381e-008	1.048332e-012	-2.689716e-016	1.609677e-020
20	0.000000e+000	-2.363339e-008	-1.791151e-012	-4.488565e-016	-3.302356e-020
22	0.000000e+000	4.460228e-009	-2.267355e-012	-2.683562e-016	2.051402e-020
25	0.000000e+000	3.015193e-007	2.151092e-011	-3.603528e-016	-2.089239e-018
26	0.000000e+000	2.718387e-007	2.254954e-011	-7.865897e-016	-2.167393e-018
i	E	F	G		
1	3.766459e-024	-1.147383e-028	0.000000e+000		
3	-1.676440e-023	2.206450e-027	0.000000e+000		
5	-9.520370e-025	9.545144e-029	0.000000e+000		
7	-1.676440e-023	2.206450e-027	0.000000e+000		
8	1.042016e-026	-2.633116e-031	0.000000e+000		
9	1.190683e-029	-3.996052e-035	0.000000e+000		
11	1.831918e-029	-9.562670e-035	0.000000e+000		
12	4.958336e-024	-1.328994e-028	0.000000e+000		
14	7.328052e-024	-3.110175e-028	0.000000e+000		
16	4.958336e-024	-1.328994e-028	0.000000e+000		
19	-7.303308e-025	3.915870e-029	0.000000e+000		
20	-6.049533e-025	-2.110230e-029	0.000000e+000		
22	5.955447e-023	-4.660543e-027	0.000000e+000		
25	7.756637e-022	-7.997079e-027	0.000000e+000		
26	7.445927e-022	-4.578951e-026	0.000000e+000		

i	ri	di	ni	Obj-distance=	sl.000
1	351.655	16.754	1.56000		
2	-8365.385	1.500			
3	700.954	22.369	1.56000		
4	551.856	247.671			
5	-88.814	15.000	1.56000	LN1	
6	-402.056	7.000			
7	-151.144	-7.000	-1.0	M1	
8	-402.056	-15.000	-1.56	LN1	
9	-88.814	-240.671	-1.0		
10	1366.187	349.374		M2	
11	19831.441	26.737	1.56000	PL1	
12	-735.739	244.705			
13	-566.816	-219.048	-1.0	FM1	
14	-133.579	-14.510	-1.56	L	
15	-705.618	-1.148	-1.0		
16	-702.153	1.148		M2	
17	-705.618	14.510	1.56000	L	
18	-133.579	224.997			
19	0.0(stop)	-4.929			
20	-119.907	20.312	1.56000		
21	-246.626	7.094			
22	153.705	24.772	1.56000		
23	-385.679	18.913			
24	97.386	43.291	1.56000		
25	177.767	7.651			
26	95.442	31.717	1.56000		
27	364.058	6.848			
28	103.255	19.448	1.56000		
29	-1048.656				

$\beta = 1/5$
 $L = 934\text{mm}$
 $NA = 0.6$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	-8.093313e-008	4.522834e-012	-2.018073e-016	2.257148e-020
3	0.000000e+000	6.511812e-008	-3.723589e-012	1.013032e-016	-2.501488e-021
5	0.000000e+000	2.476497e-008	-5.194074e-017	2.934576e-014	-6.771024e-018
7	-8.634921e-002	5.766118e-008	1.408403e-011	1.171617e-014	-2.406379e-018
9	0.000000e+000	2.476497e-008	-5.194074e-017	2.934576e-014	-6.771024e-018
10	3.403605e+000	-2.532675e-009	4.911669e-014	1.807855e-018	-2.255506e-022
13	-5.700272e-001	1.734919e-010	1.781213e-015	-7.464135e-021	1.125815e-024
14	0.000000e+000	6.268611e-009	8.798240e-013	5.096073e-017	-4.749646e-020
16	-9.859546e-001	4.762518e-009	8.200176e-013	6.576997e-018	-5.959712e-020
18	0.000000e+000	6.268611e-009	9.790240e-013	5.096073e-017	-4.749646e-020
21	0.000000e+000	7.500151e-008	-2.370496e-011	-1.965330e-015	3.913950e-019
23	0.000000e+000	-5.983025e-009	2.383340e-011	-4.395313e-016	-7.197526e-019
24	0.000000e+000	4.080007e-008	-9.297221e-012	1.873727e-015	-1.418320e-019
26	0.000000e+000	-3.783040e-007	-1.883182e-012	-8.030466e-016	-7.057718e-019
28	0.000000e+000	-9.452418e-008	-1.957493e-011	-1.244651e-014	0.000000e+000

i	E	F	G
1	-3.670991e-024	2.228767e-028	0.000000e+000
3	1.383272e-024	-1.154892e-028	0.000000e+000
5	4.483389e-021	-9.723939e-026	0.000000e+000
7	8.068244e-022	-6.319119e-026	0.000000e+000
9	4.483389e-021	-9.723939e-026	0.000000e+000
10	1.792109e-026	-6.218030e-031	0.000000e+000
13	-3.288087e-029	4.085249e-034	0.000000e+000
14	1.007847e-023	2.645246e-029	0.000000e+000
16	1.769582e-023	-1.119411e-027	0.000000e+000
18	1.007847e-023	2.645246e-029	0.000000e+000
21	1.267664e-023	-8.319497e-028	0.000000e+000
23	1.954211e-023	-3.173836e-029	0.000000e+000
24	1.171050e-023	-3.681475e-028	0.000000e+000
26	8.165762e-023	1.411746e-026	0.000000e+000
28	-2.398432e-022	-4.378158e-025	0.000000e+000

i	ri	di	ni	Obj-distance= 50.000
1	245.198	40.746	1.56000	
2	565.312	378.944		
3	-198.743	15.000	1.56000	LN1
4	-553.813	2.806		
5	-383.608	-2.806	-1.0	M1
6	-553.813	-15.000	-1.56	LN1
7	-198.743	-358.732	-1.0	
8	6976.362	386.889		M2
9	355.685	51.490	1.56000	FL1
10	-12321.788	369.283		
11	-1028.093	-343.512	-1.0	FM1
12	730.908	-15.000	-1.56	FL
13	-1511.630	-0.100	-1.0	
14	-1023.030	0.070		FM2
15	-1511.630	15.000	1.56000	FL
16	730.908	323.513		
17	0.0(step)	39.007		
18	302.719	22.983	1.56000	
19	-6847.780	21.360		
20	145.723	31.514	1.56000	
21	618.670	8.713		
22	147.653	25.174	1.56000	
23	391.950	8.285		
24	121.433	15.000	1.56000	
25	80.944	14.889		
26	94.829	68.564	1.56000	
27	-806.611			

$$\beta = 1/8$$

$$L = 1190\text{mm}$$

$$NA = 0.6$$

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	2.707002e-008	-8.717359e-013	1.291774e-017	-8.046083e-023
3	0.000000e+000	-1.285216e-008	-4.644289e-012	-1.098284e-015	4.074896e-020
5	1.853481e+000	-5.947388e-009	-1.921556e-012	-3.991601e-016	3.066166e-020
7	0.000000e+000	-1.285216e-008	-4.644289e-012	-1.098284e-015	4.074896e-020
8	4.592105e+000	6.776075e-009	-1.213133e-013	2.083765e-018	-3.379785e-023
9	0.000000e+000	-7.268271e-009	3.352308e-015	-1.35/278e-019	-1.824547e-024
11	1.213373e+000	-1.515625e-010	-6.598956e-015	2.230167e-019	-3.018642e-024
12	0.000000e+000	2.663004e-009	-5.954634e-012	-3.132031e-015	3.139422e-019
14	3.818120e+000	-5.339360e-008	-6.525763e-012	-2.028068e-015	1.112273e-019
16	0.000000e+000	2.663004e-009	-5.954634e-012	-3.132031e-015	3.139422e-019
20	0.000000e+000	-4.537132e-008	-1.444034e-012	-6.23/537e-017	-1.225622e-020
22	0.000000e+000	2.258810e-008	-2.784423e-012	-4.694218e-017	4.207858e-020
25	0.000000e+000	1.033200e-007	-6.0/1918e-012	-2.759843e-015	-3.195253e-019
26	0.000000e+000	-2.135939e-008	-6.495251e-012	-2.642392e-015	-2.963340e-019

i	E	F	G
1	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
3	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
5	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
7	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
8	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
9	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
11	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
12	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
14	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
16	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
20	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
22	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
25	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
26	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000

i	ri	di	ni	Obj-distance= 50.48r
1	248.654	45.879	1.56000	
2	2498.279	433.450		
3	-430.357	17.451	1.56000	IN1
4	1258.317	2.793		
5	-320.814	-2.793	-1.0	M1
6	1258.317	-17.451	-1.56	(IN)
7	-430.357	-170.465	-1.0	
8	-566425.051	200.710		M2
9	-1563.039	37.005	1.56000	IL1
10	-250.953	361.172		
11	-765.976	-329.940	-1.0	FM1
12	244.884	-15.000	-1.56	IF
13	549.490	-6.231	-1.0	
14	-701.208	6.201		FM2
15	549.490	15.000	1.56000	IF
16	244.884	283.488		
17	0.0(stop)	46.500		
18	244.341	23.507	1.56000	
19	57346.724	0.100		
20	138.156	28.770	1.56000	
21	561.247	3.336		
22	145.732	37.036	1.56000	$\beta = 1/10$
23	260.318	4.990		$L = 1190\text{mm}$
24	111.587	15.000	1.56000	$NA = 0.6$
25	70.790	33.292		
26	76.408	49.517	1.56000	
27	5689.128			

spherical surfaces

i	K	A	B	C	D
1	0.000000e+000	-2.521478e-009	-8.451485e-014	5.214505e-019	-2.685571e-023
3	0.000000e+000	-3.993741e-008	2.044280e-012	1.954603e-014	4.016803e-018
5	4.706536e+000	-4.082512e-008	-1.158264e-011	7.155586e-015	-2.259483e-019
7	0.000000e+000	-3.993741e-008	2.044280e-012	1.954603e-014	4.016803e-018
8	5.000000e+000	-3.971095e-009	-7.223454e-014	-1.084017e-018	6.587792e-024
9	0.000000e+000	-4.759165e-009	1.313843e-014	1.109392e-019	-1.230866e-024
11	3.289899e-001	-3.568080e-010	-1.380316e-015	1.016681e-020	-6.587533e-026
12	0.000000e+000	-2.613402e-008	-9.198710e-013	-1.784868e-016	2.018156e-020
14	-4.000000e+000	-3.882987e-008	-1.433855e-012	-1.916913e-016	4.859577e-022
16	0.000000e+000	-2.613402e-008	-9.198710e-013	-1.784868e-016	2.018156e-020
20	0.000000e+000	-4.145601e-008	-2.745516e-012	-8.585730e-017	-7.216150e-021
22	0.000000e+000	1.029827e-008	-4.482490e-015	1.152103e-017	1.349052e-020
25	0.000000e+000	1.056111e-007	8.619533e-012	3.490901e-016	2.003722e-020
26	0.000000e+000	-3.282437e-008	3.472717e-012	-3.391125e-016	-1.465019e-019

i	E	F	G
1	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
3	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
5	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
7	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
8	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
9	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
11	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
12	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
14	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
16	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
20	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
22	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
25	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000
26	0.000000e+000	0.000000e+000	0.000000e+000

以上に説明した各実施形態によれば、193nm、157nmといった露光波長の短波長化や高NA化に対応することができ、露光の中心部分の遮光（中抜け）がおこらず、ビームスプリッタのような素子を用いることなく小型軽量で光学素子の枚数を少なくすることができ、ミラーへの入射角が大きくなり、十分な像側作動距離、及び高い解像力や広い露光領域を確保でき、組み立て調整が容易で簡素な構成の投影光学系を実現することがで

きる。

【0100】

【発明の効果】以上、本発明によれば、構造が簡単で、組み立て調整が容易な投影光学系、および該投影光学系による投影露光装置、デバイス製造方法を得ることができ、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態における投影光学系の一つの

構成例を示す概略図。

【図2】本発明の実施形態1の投影光学系において、群L2中に屈折レンズ群Rを配置した構成例を示す概略図。

【図3】本発明の実施形態2における基本的構成の概略図。

【図4】本発明の実施例1におけるレンズ構成の断面図。

【図5】本発明の実施例2におけるレンズ構成の断面図。

【図6】本発明の実施例3におけるレンズ構成の断面図。

【図7】本発明の実施例4におけるレンズ構成の断面図。

【図8】本発明の実施例1の収差図。

【図9】本発明の実施例2の収差図。

【図10】本発明の実施例3の収差図。

【図11】本発明の実施例4の収差図。

【図12】本発明の実施例5におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図13】本発明の実施例6におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図14】本発明の実施例7におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図15】本発明の実施例8におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図16】本発明の実施例9におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図17】本発明の実施例10におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図18】本発明の実施例11におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図19】本発明の実施例12におけるフィールド光学系がすべてレンズ系の場合の光路図。

【図20】本発明の実施例13におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図21】本発明の実施例14におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図22】本発明の実施例15におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図23】本発明の実施例16におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図24】本発明の実施例17におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図25】本発明の実施例18におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図26】本発明の実施例19におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図27】本発明の実施例20におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図28】本発明の実施例21におけるフィールド光学系が2枚のミラーを有する場合の光路図。

【図29】本発明の実施例5の収差図。

【図30】本発明の実施例6の収差図。

【図31】本発明の実施例7の収差図。

【図32】本発明の実施例8の収差図。

【図33】本発明の実施例9の収差図。

【図34】本発明の実施例10の収差図。

【図35】本発明の実施例11の収差図。

【図36】本発明の実施例12の収差図。

【図37】本発明の実施例13の収差図。

【図38】本発明の実施例14の収差図。

【図39】本発明の実施例15の収差図。

【図40】本発明の実施例16の収差図。

【図41】本発明の実施例17の収差図。

【図42】本発明の実施例18の収差図。

【図43】本発明の実施例19の収差図。

【図44】本発明の実施例20の収差図。

【図45】本発明の実施例21の収差図。

【図46】本発明の実施例1～実施例12の数値パラメータの一覧図。

【図47】本発明の実施例13～実施例21の数値パラメータの一覧図。

【符号の説明】

G1 : 第1結像光学系

G2 : 第2結像光学系

L1 : 屈折レンズ群

L2 : 2枚のミラーを含む群

F : フィールドレンズ群

M1 : 第1のミラー

M2 : 第2のミラー

101 : 第1の物体

102 : 第2の物体

103 : 光学系の光軸

O : 物体面 (レチクル)

I : 像面 (ウェハ)

Gr1 : 第1結像系

Grf : フィールド光学系

Gr2 : 第2結像系

G1 : 正レンズ群

GM1 : 第1ミラー群

GM2 : 第2ミラー群

GFM2 : 第2フィールドミラー群

M1 : 凹面の第1ミラー

M2 : 第2ミラー

FM1 : 凹面の第1フィールドミラー

FM2 : 第2フィールドミラー

LN1 : 負レンズ

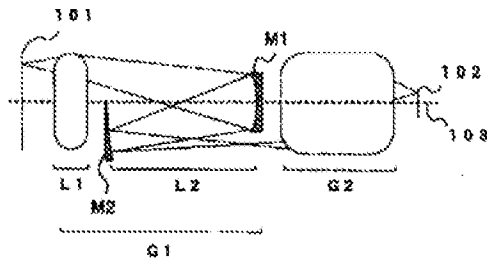
LP1 : 正レンズ

FL1 : 正レンズ

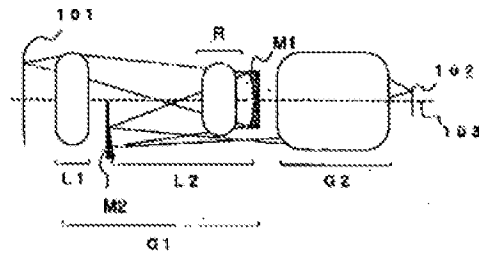
L.F: レンズ
m: メリディオナル像面

s: サジタル像面
y: 像高

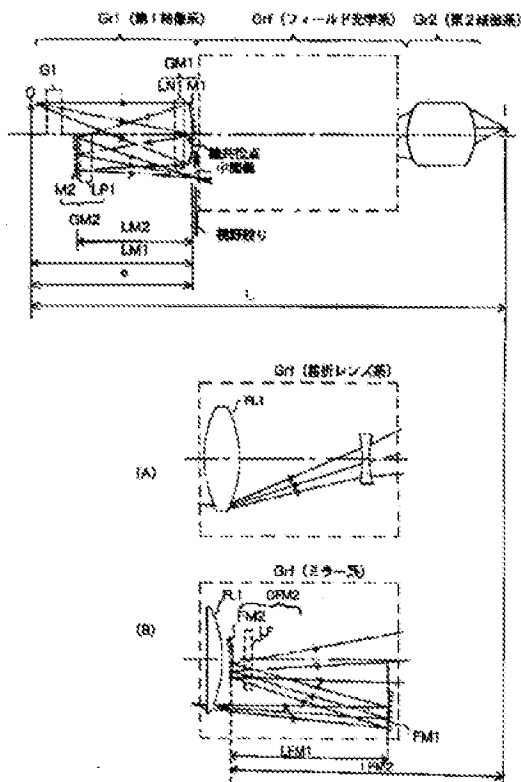
【図1】



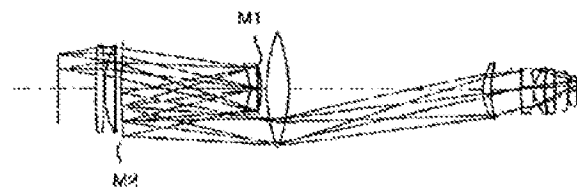
【図2】



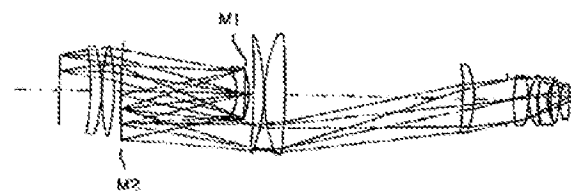
【図3】



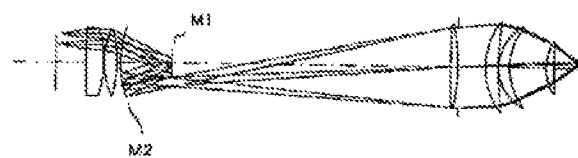
【図4】



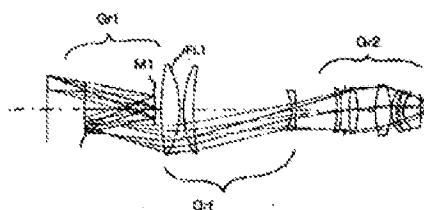
【図6】



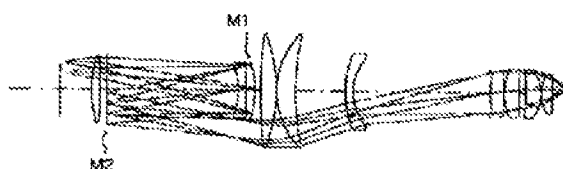
【図7】



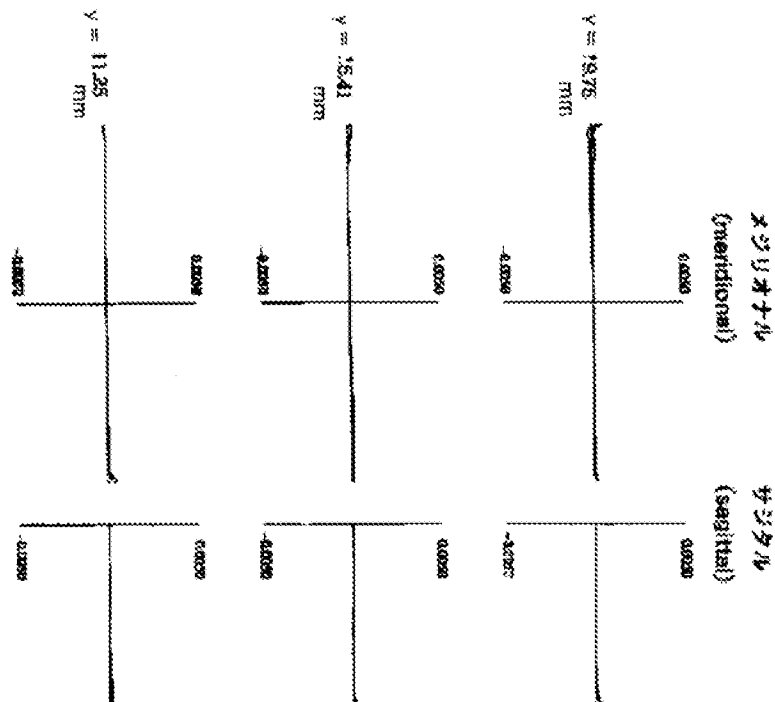
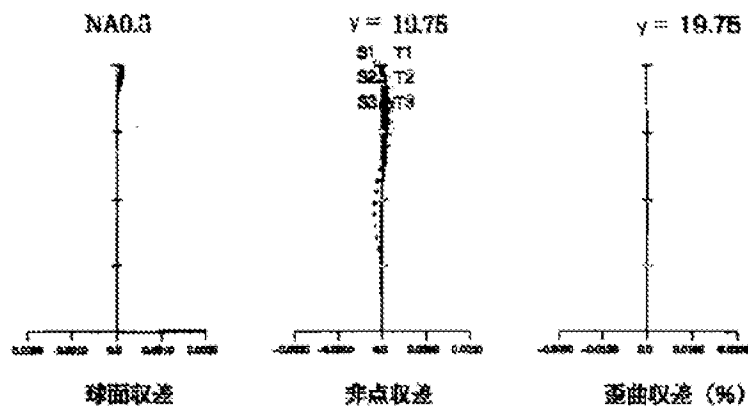
【図12】



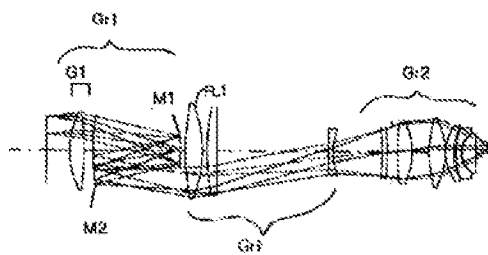
【図5】



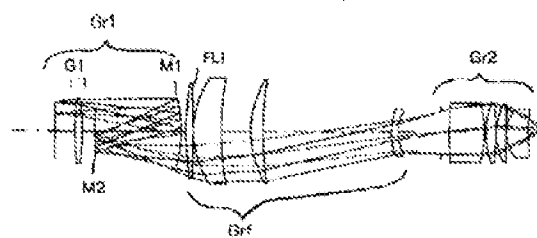
【図8】



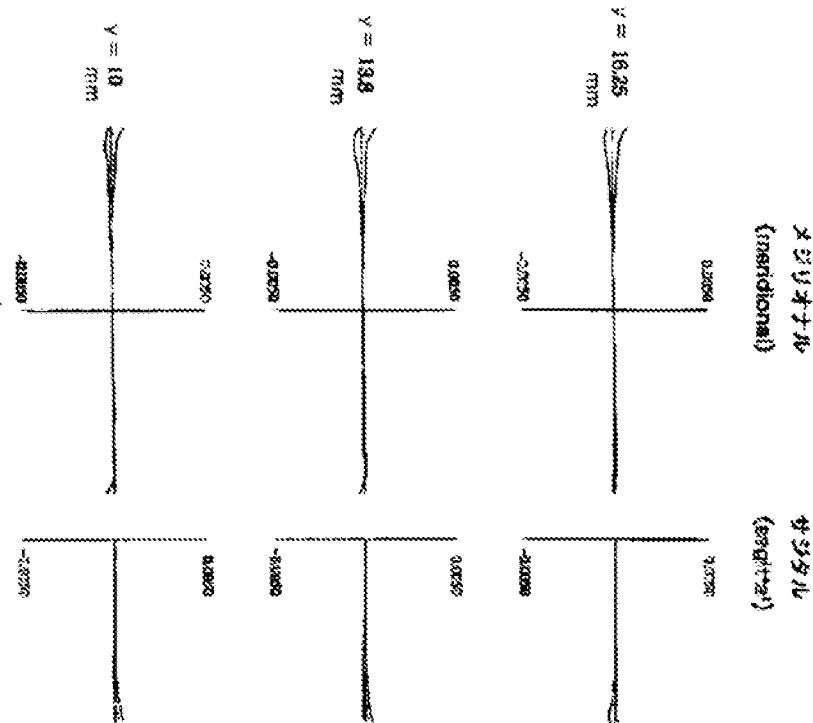
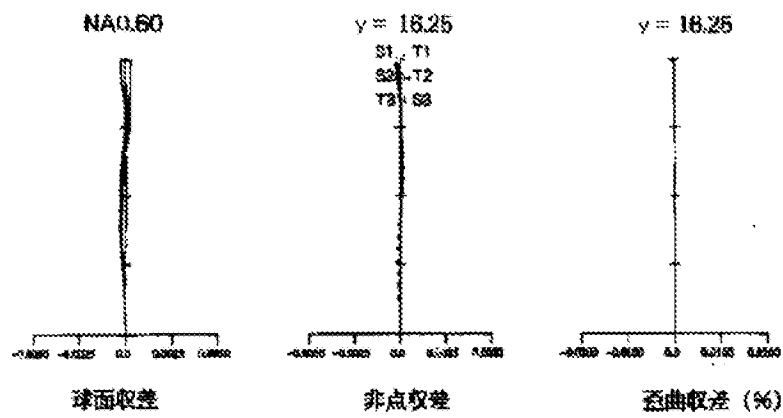
【図13】



【図14】

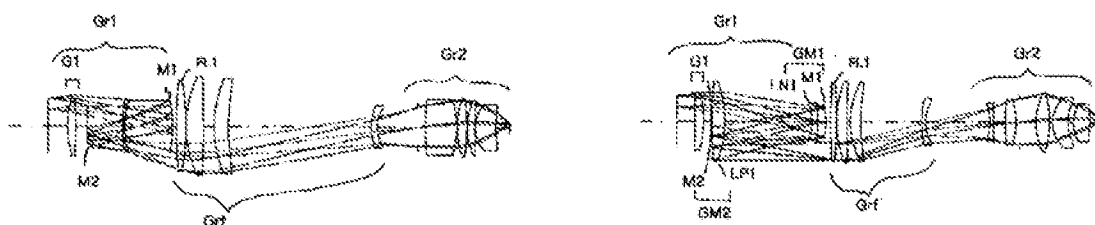


【図9】

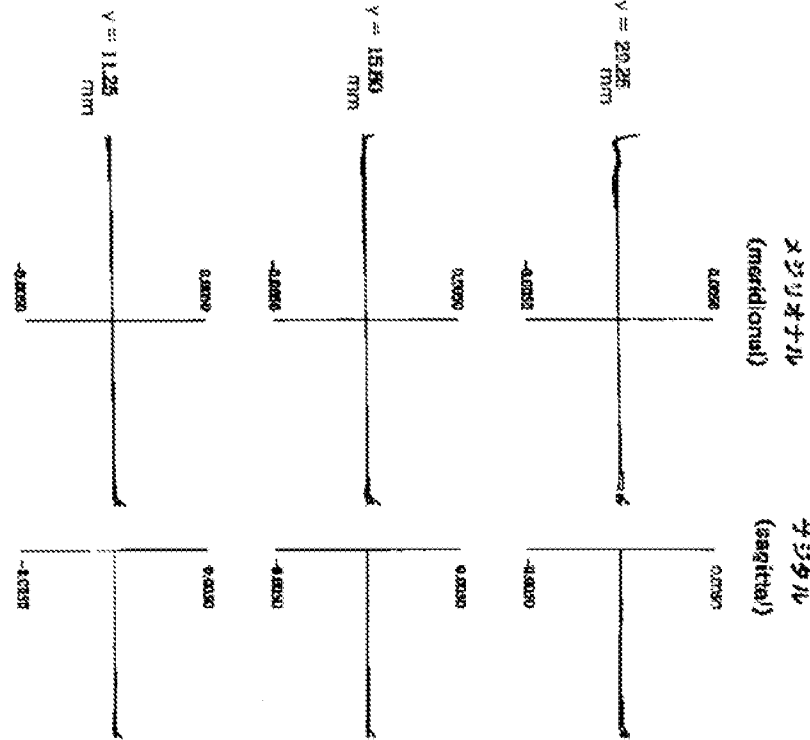
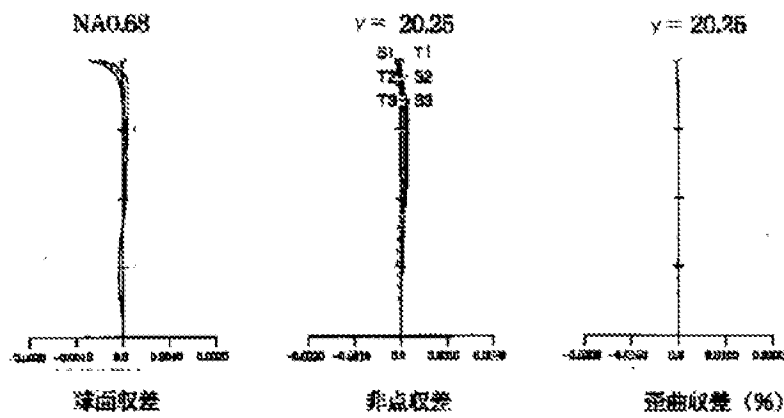


【図15】

【図16】

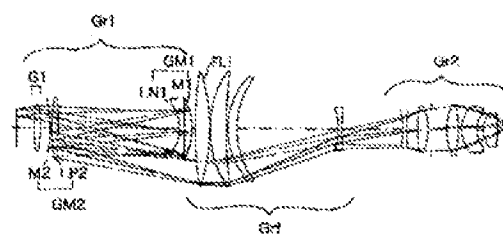
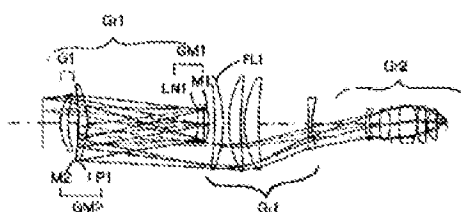


【図10】

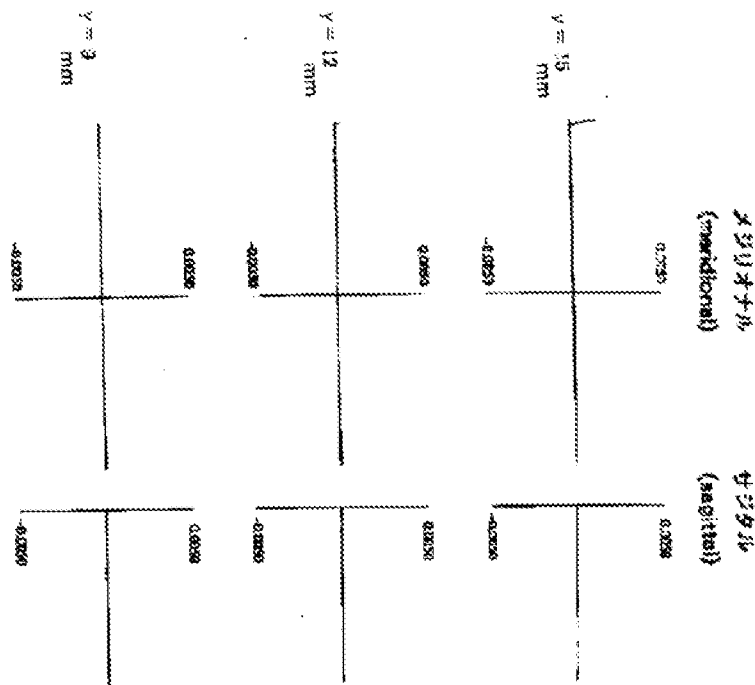
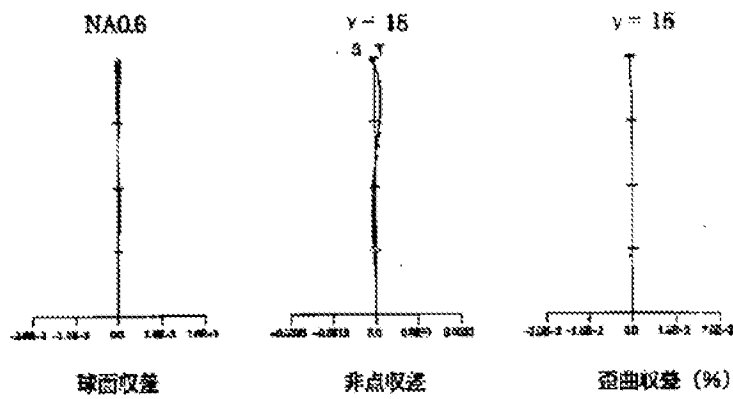


【図17】

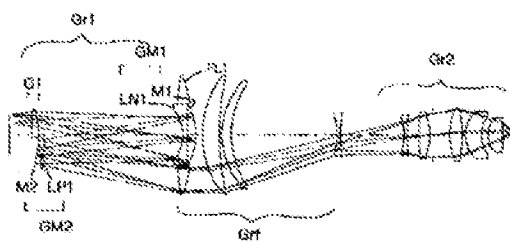
【図18】



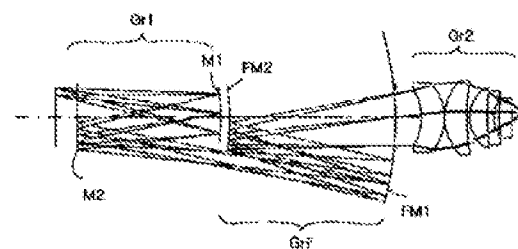
【図11】



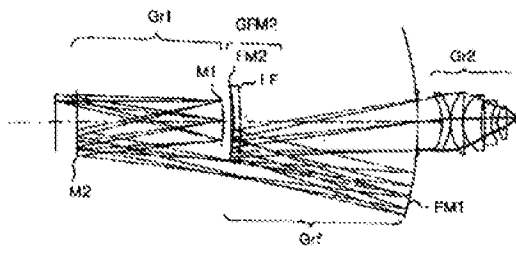
【図19】



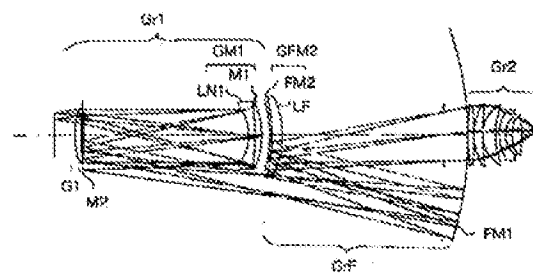
【図20】



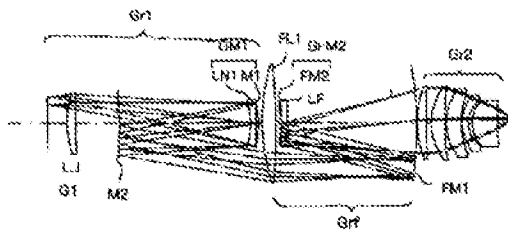
【図21】



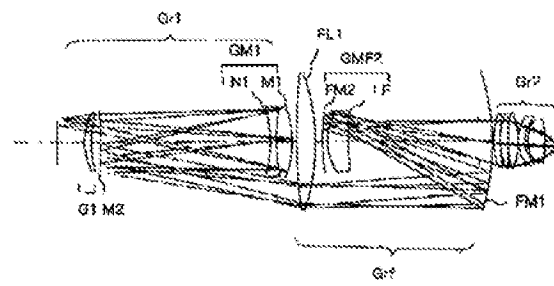
【図22】



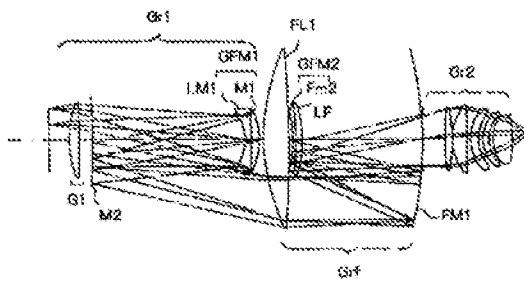
【図23】



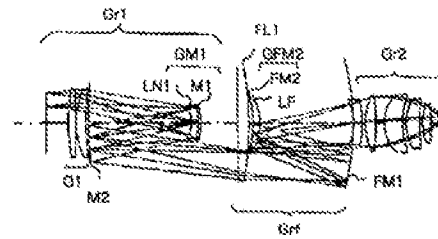
【図24】



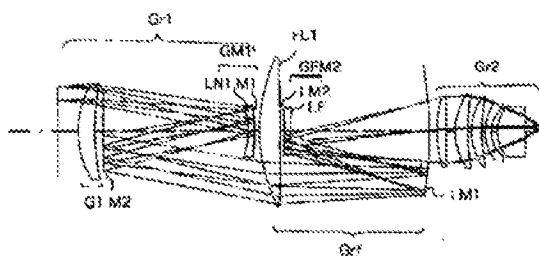
【図25】



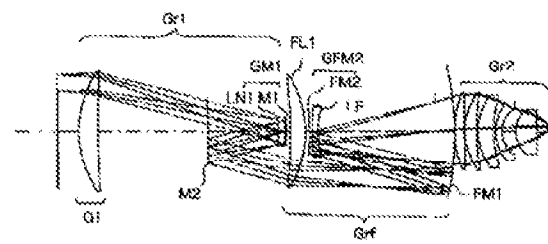
【図26】



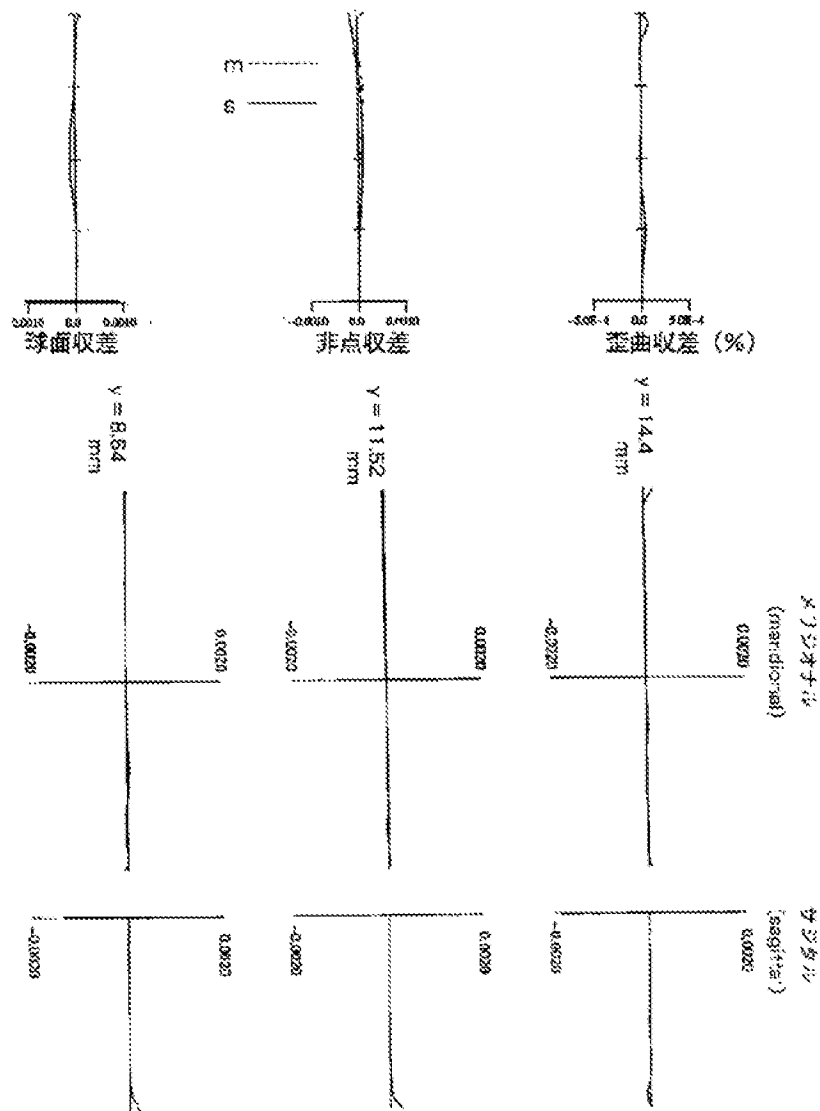
【図27】



【図28】



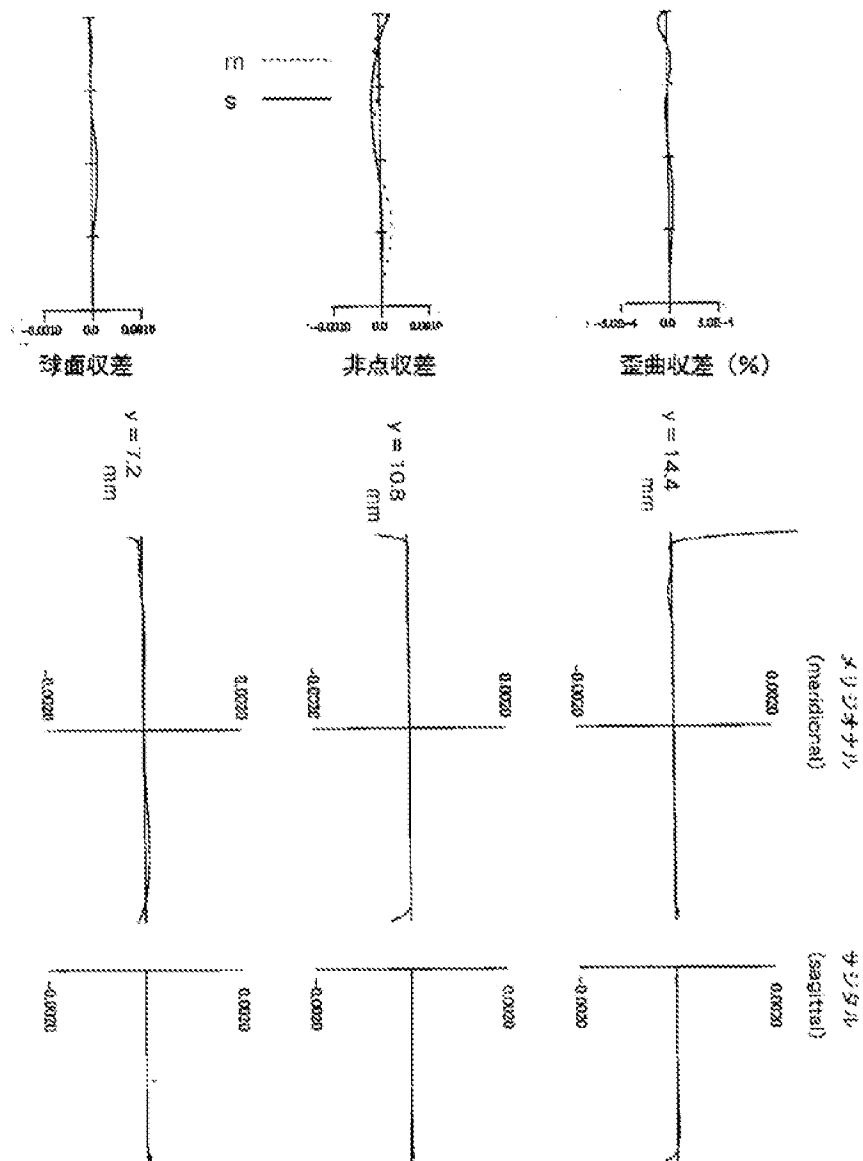
【図29】



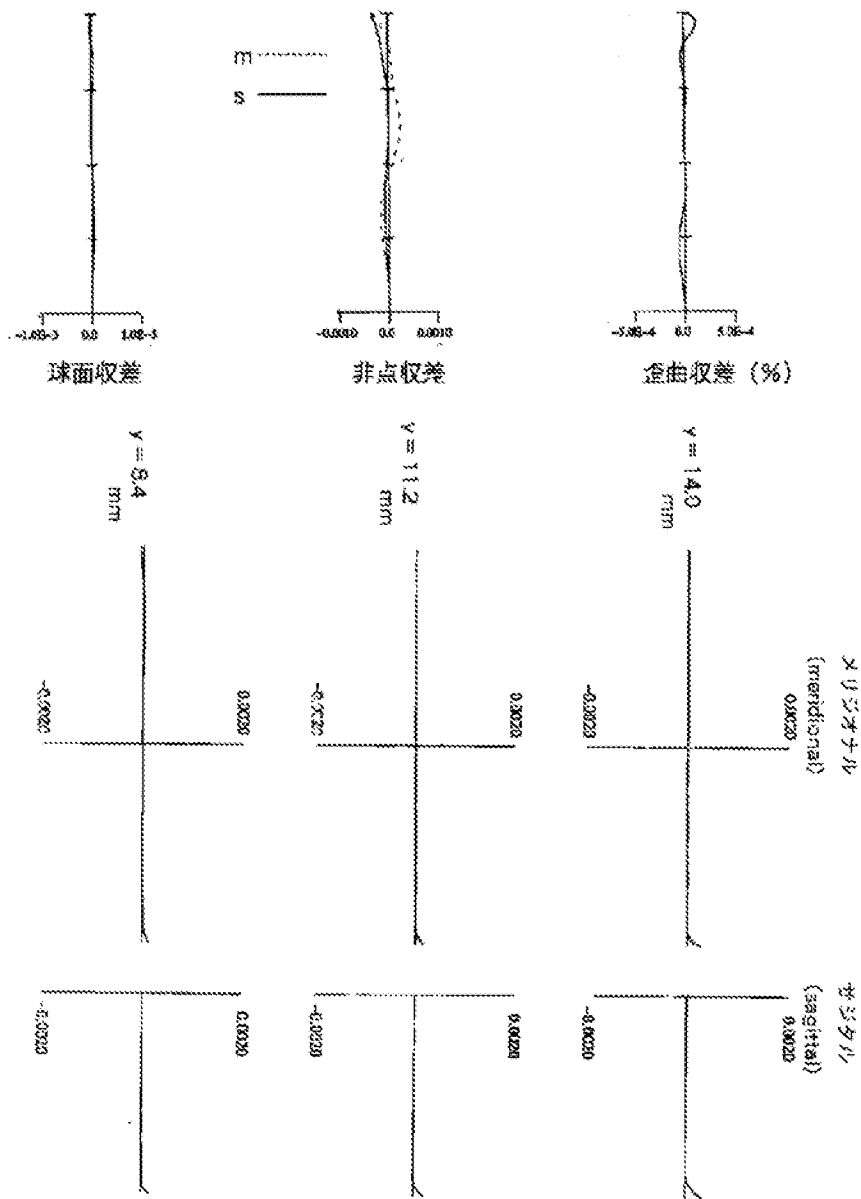
【図47】

球面収差 (%)	13	14	15	16	17	18	19	20	21
球面収差 (%)	-0.122	-0.095	-0.141	-0.267	-0.183	-0.135	-0.184	-0.285	-0.283
非点収差 (%)	-1.276	-1.260	-2.090	-3.838	-1.892	-2.071	-1.188	-35.671	-2.009
経曲収差 (%)	-0.00207	-0.00473	-0.01384	-0.03304	-0.00283	-0.01352	-0.01571	-0.00635	0.00775
球面収差 (%)	0.00436	0.00436	0.01888	0.02838	0.02838	0.01888	0.01873	0.00637	0.00771
非点収差 (%)	1.184	1.088	0.814	0.989	1.113	0.925	1.080	1.316	0.873
経曲収差 (%)	0.874	0.827	1.030	1.337	0.779	0.924	0.845	15.187	1.634
球面収差 (%)	0.870	0.874	0.865	0.883	0.818	0.793	0.727	0.773	0.347
非点収差 (%)	0.351	0.382	0.430	0.455	0.483	0.441	0.387	0.410	0.462
経曲収差 (%)	-0.679	-0.739	-0.667	-0.670	-0.664	-0.736	-0.583	0.119	-0.351
球面収差 (%)	0.525	0.650	0.743	0.989	0.778	0.959	0.622	0.989	0.602

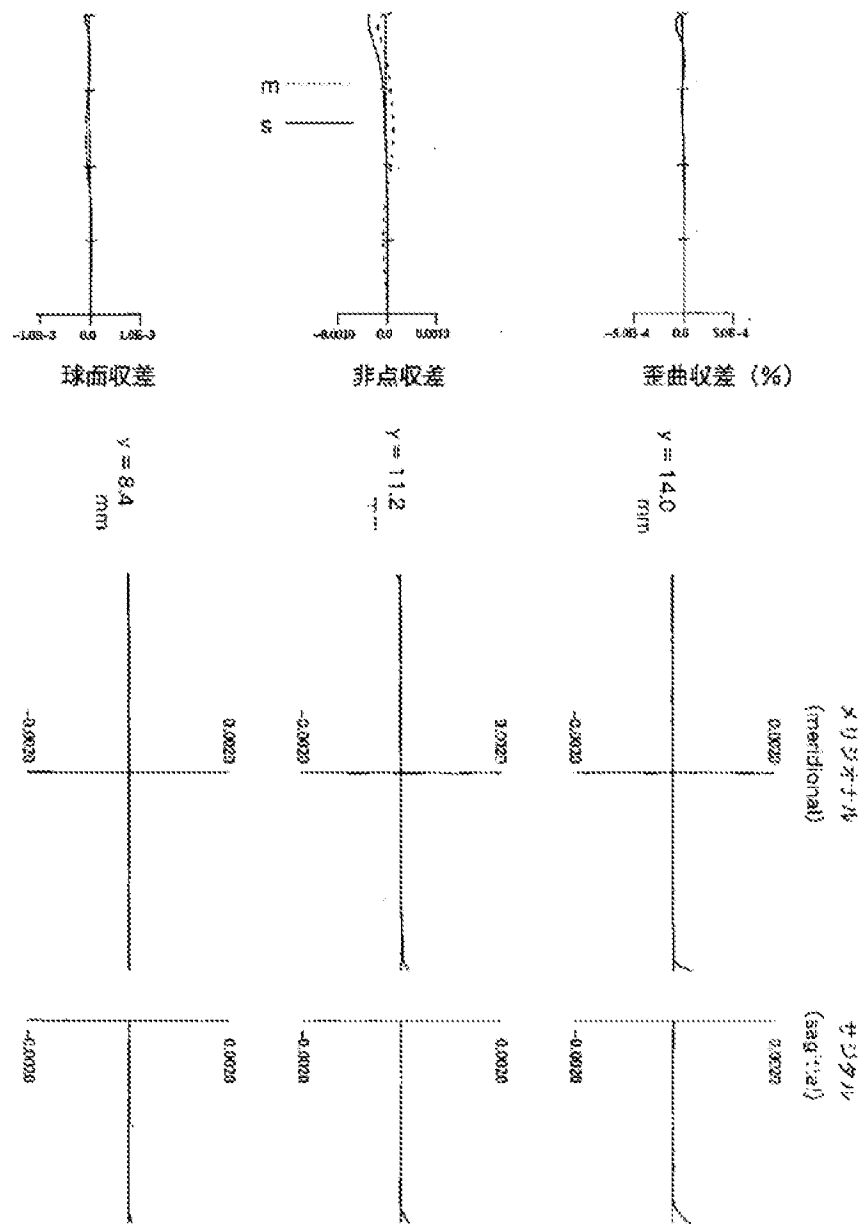
【図30】



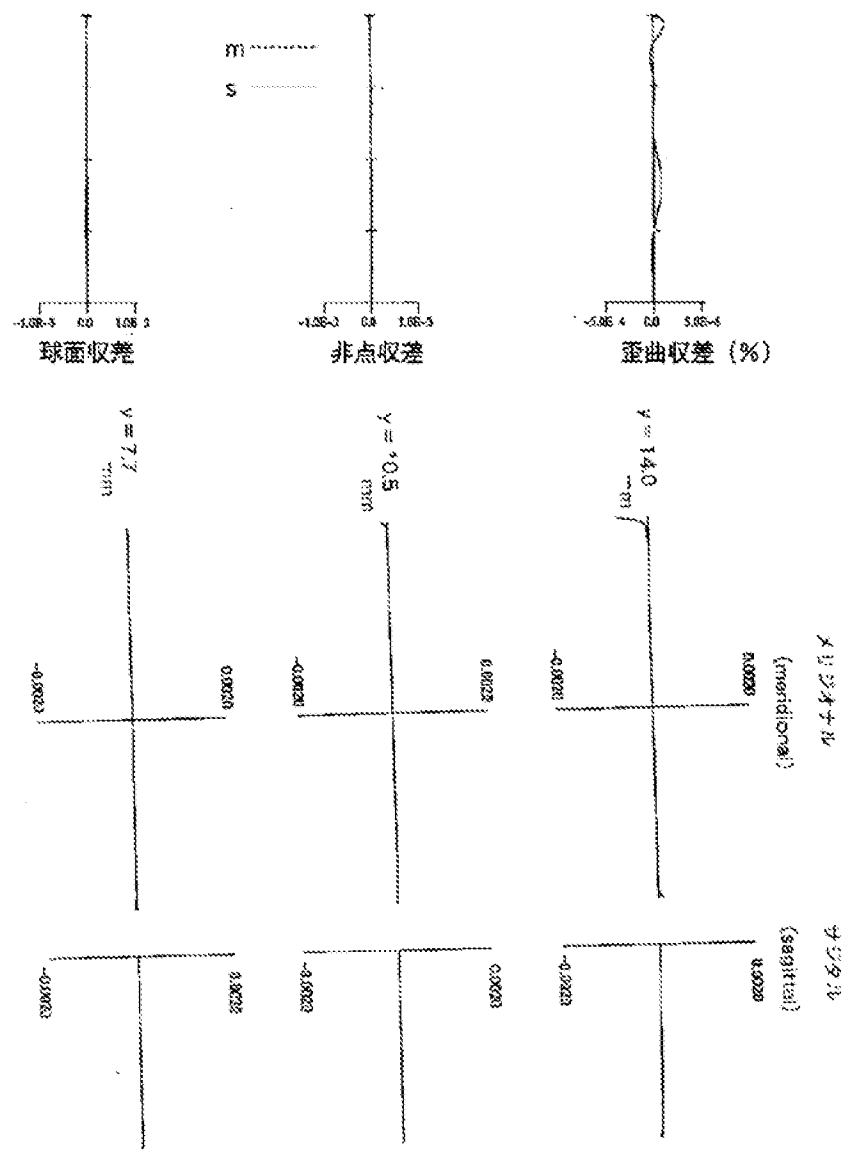
【図31】



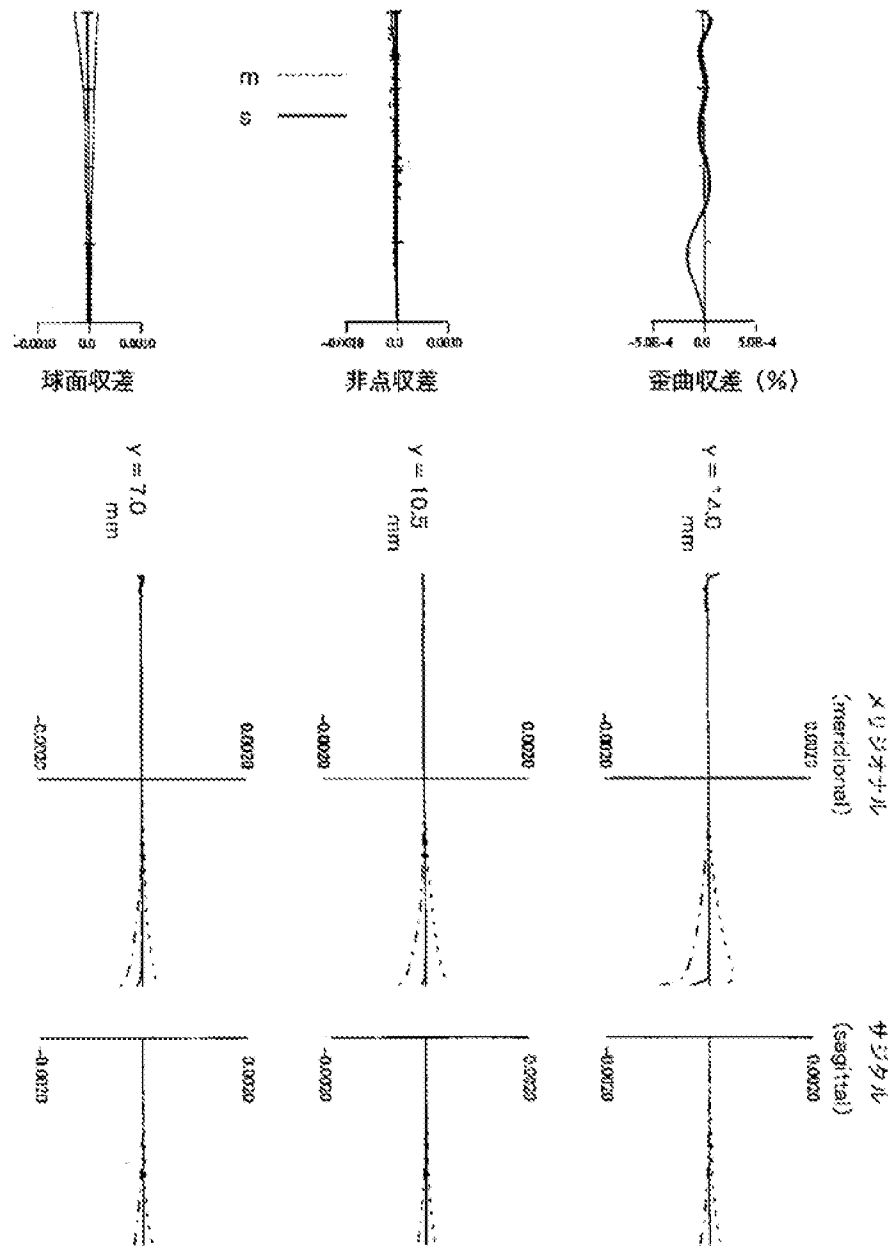
【図32】



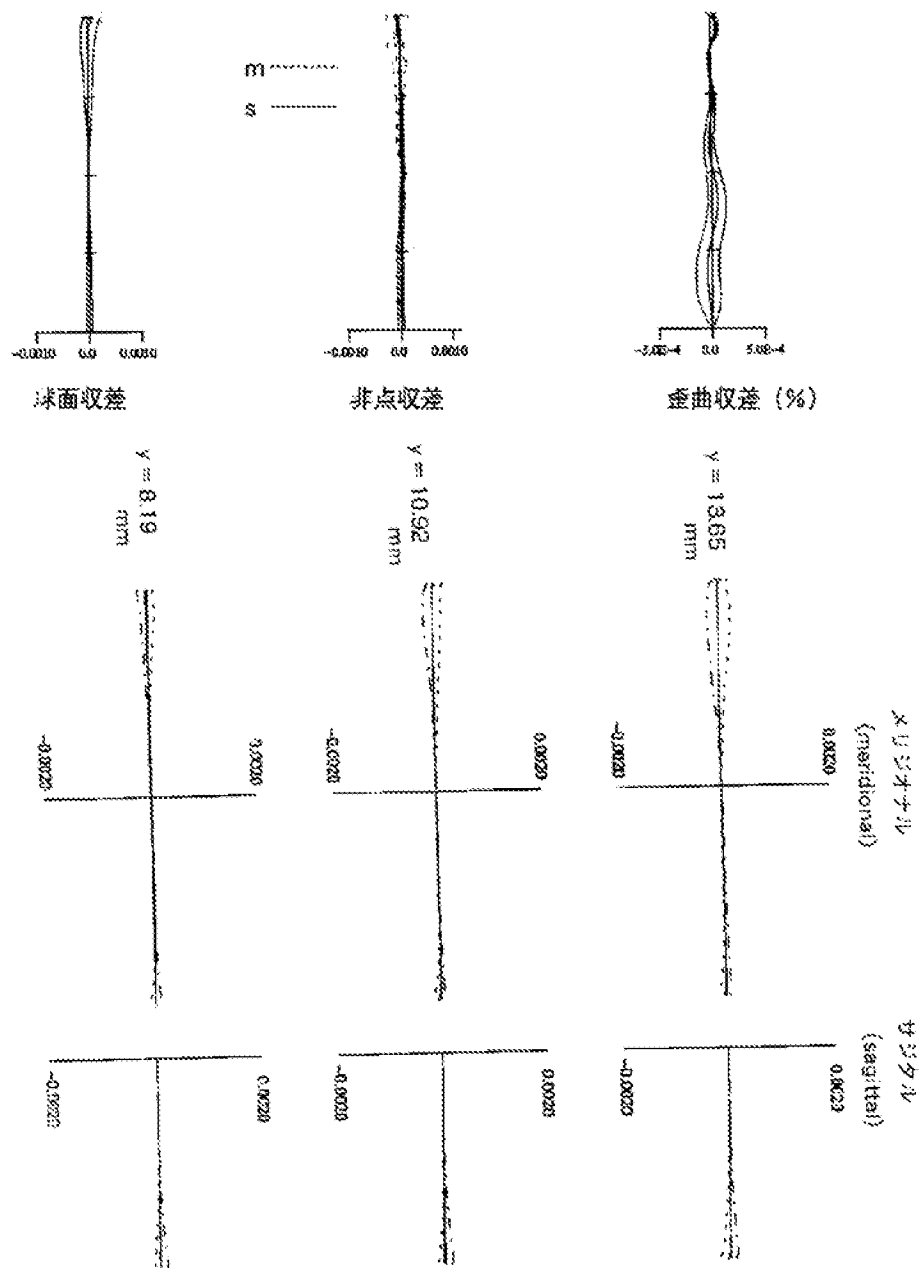
【図33】



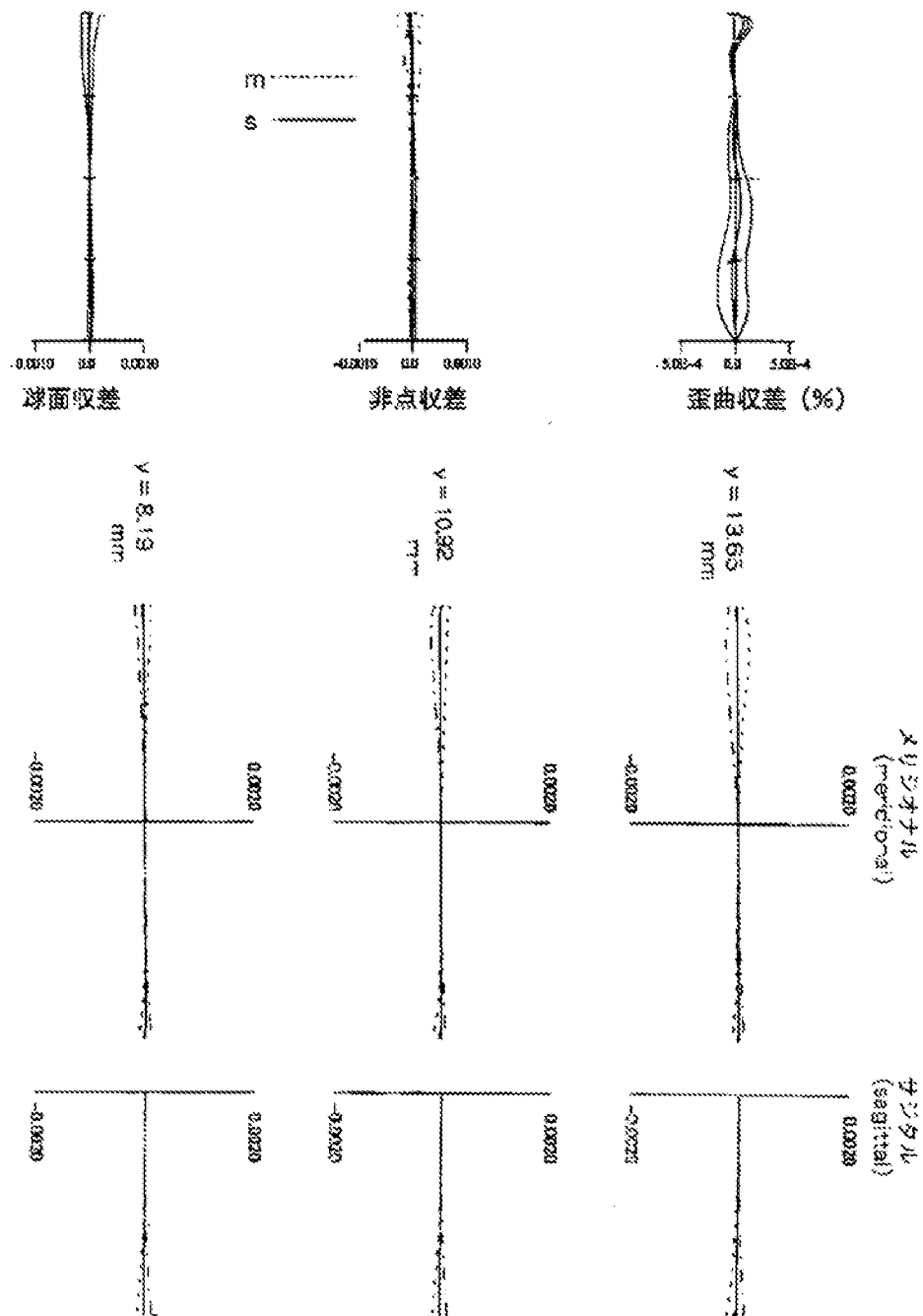
【図34】



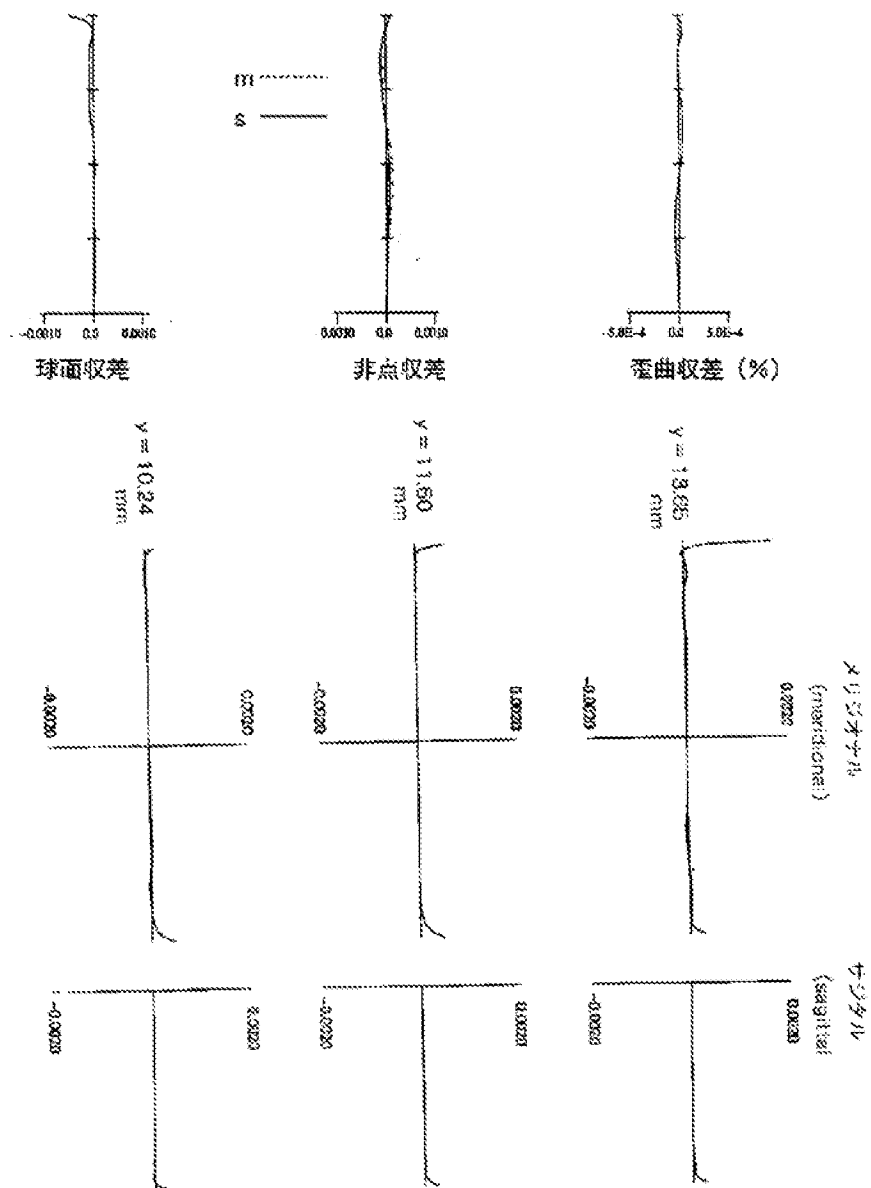
【図35】



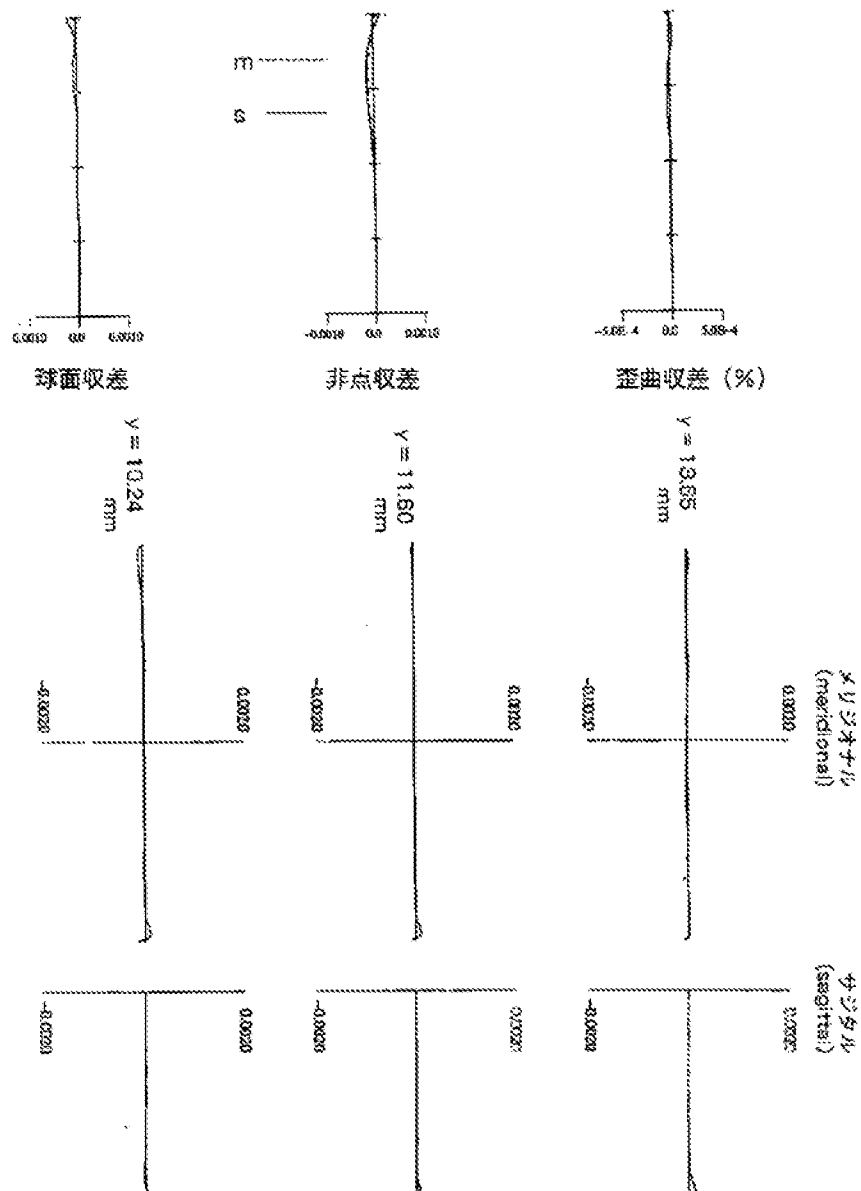
【図36】



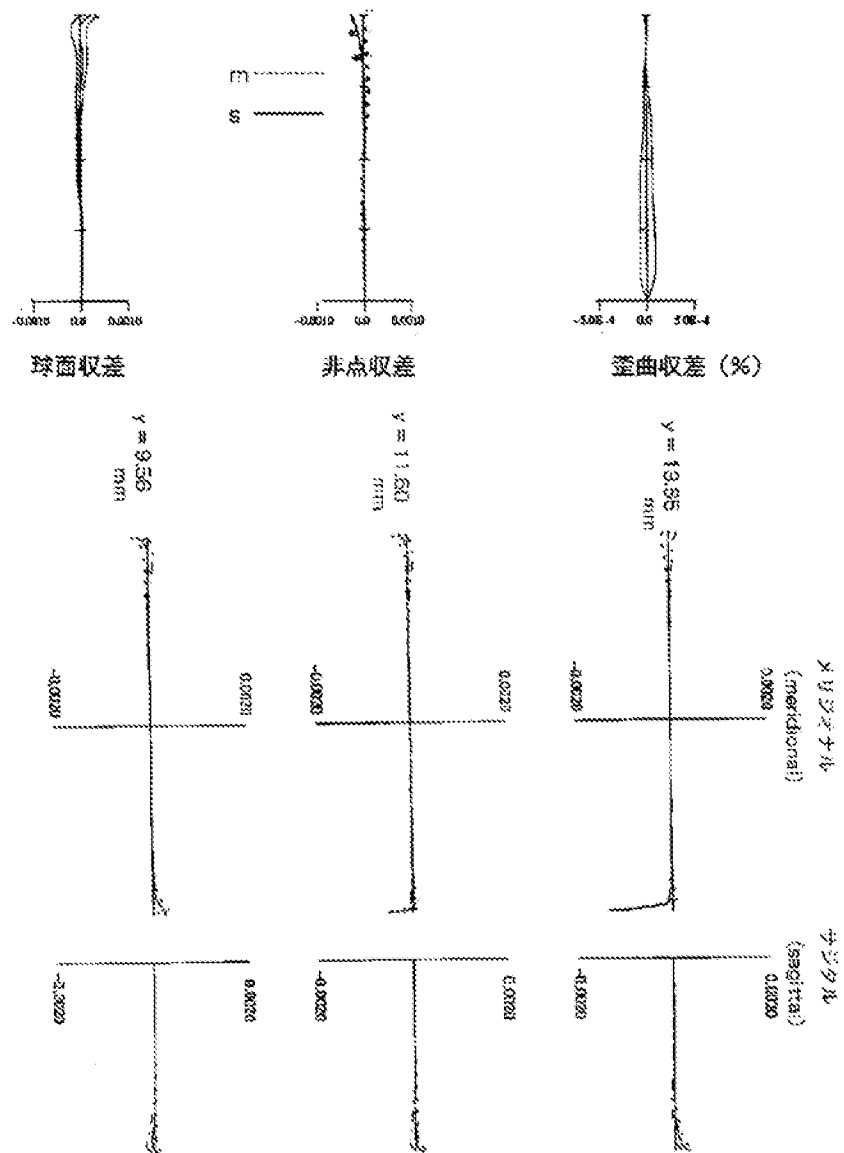
【図37】



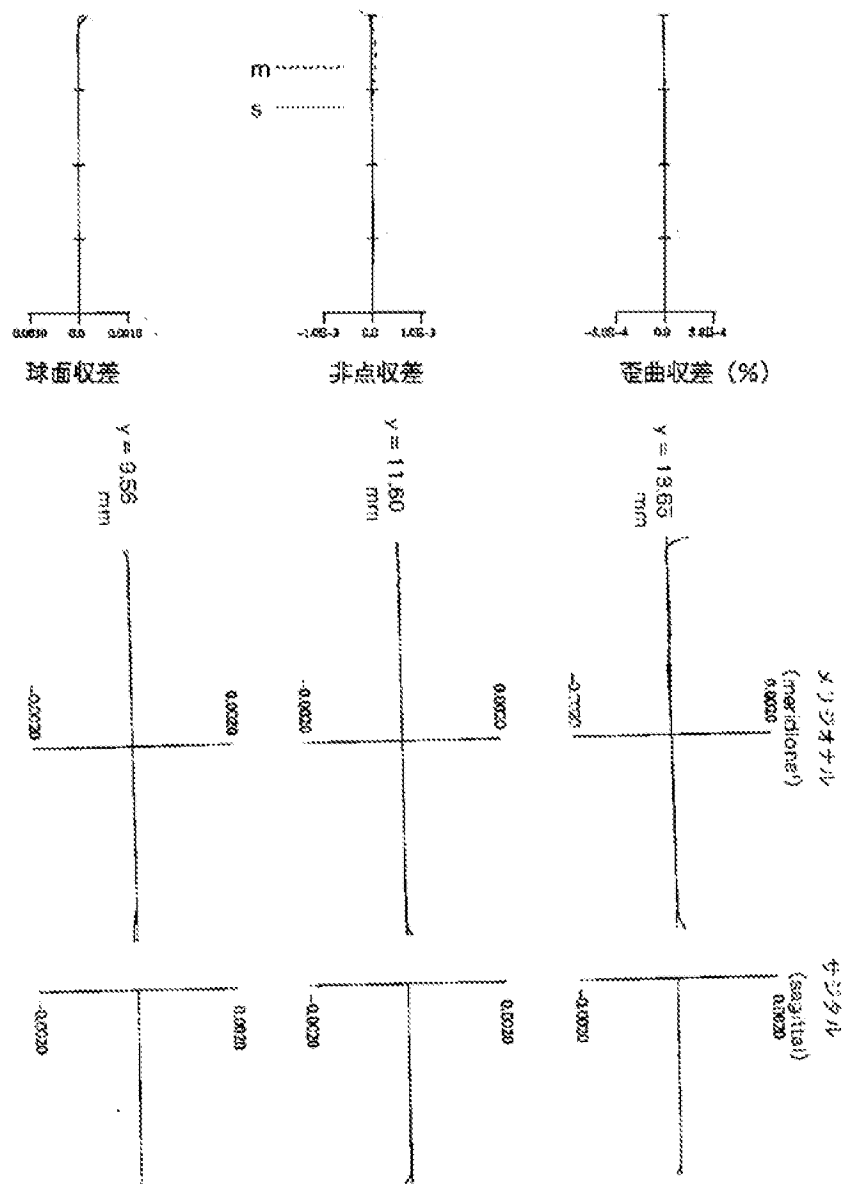
【図38】



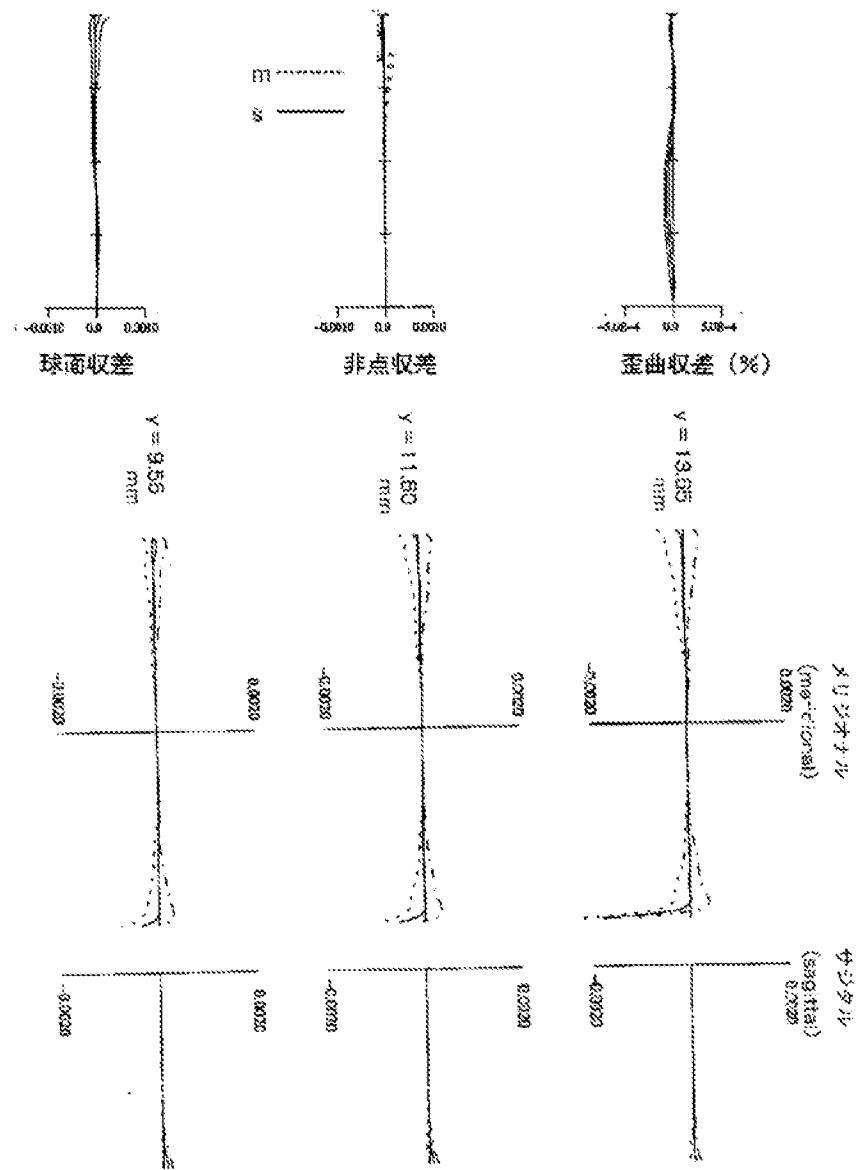
【図39】



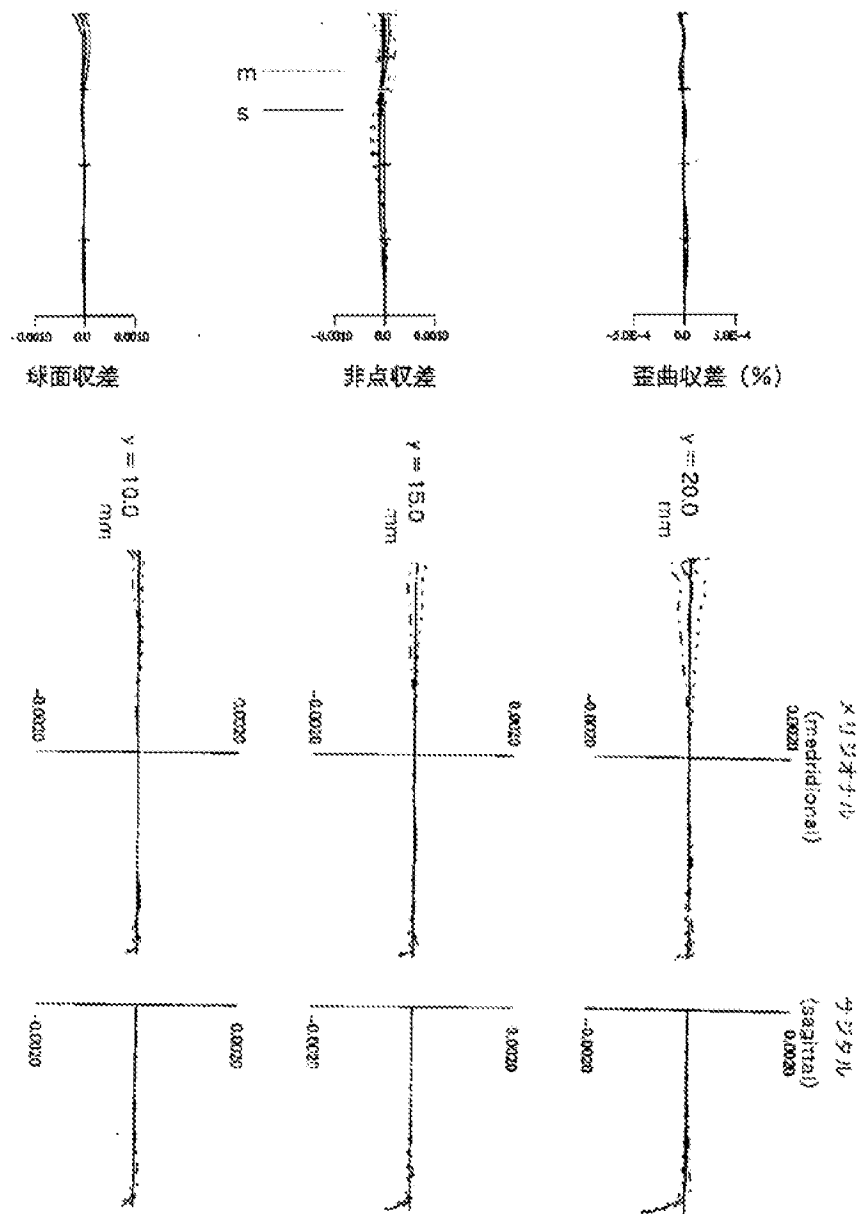
【図40】



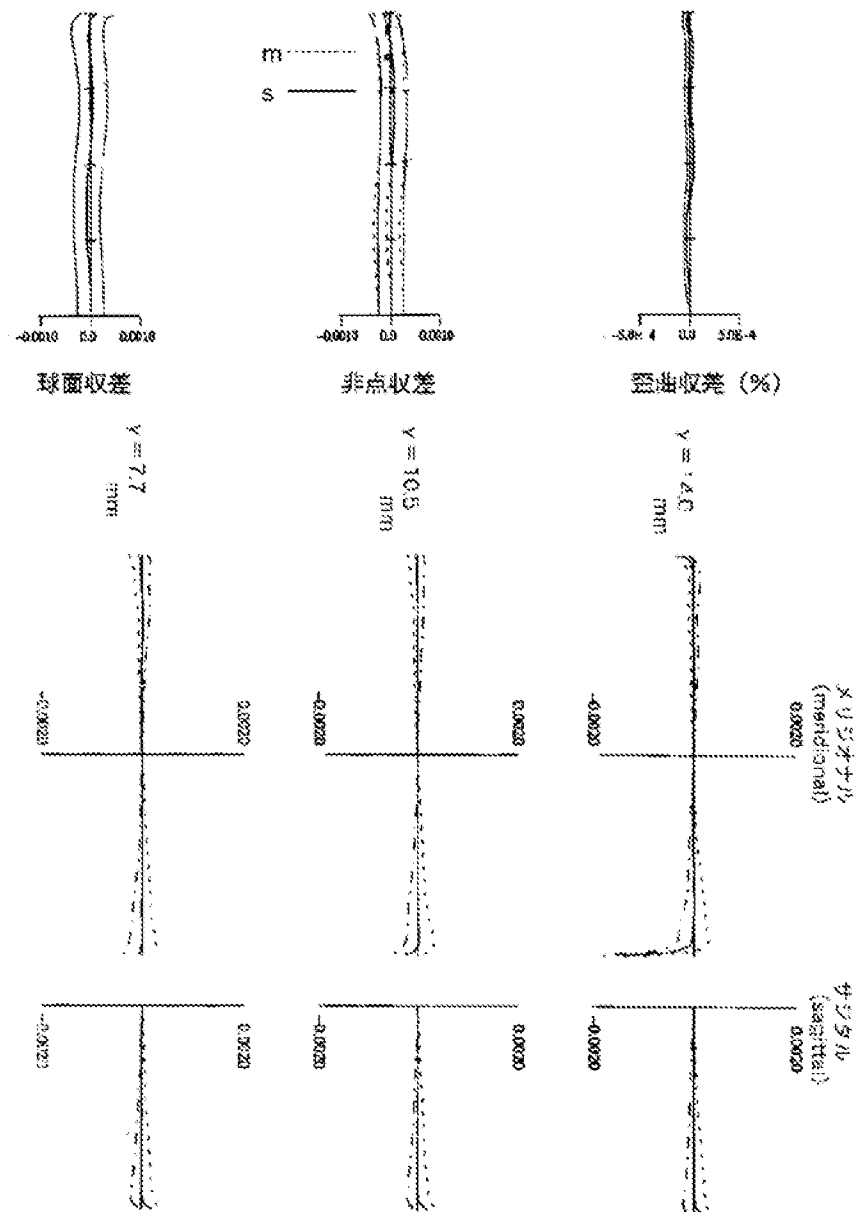
【図41】



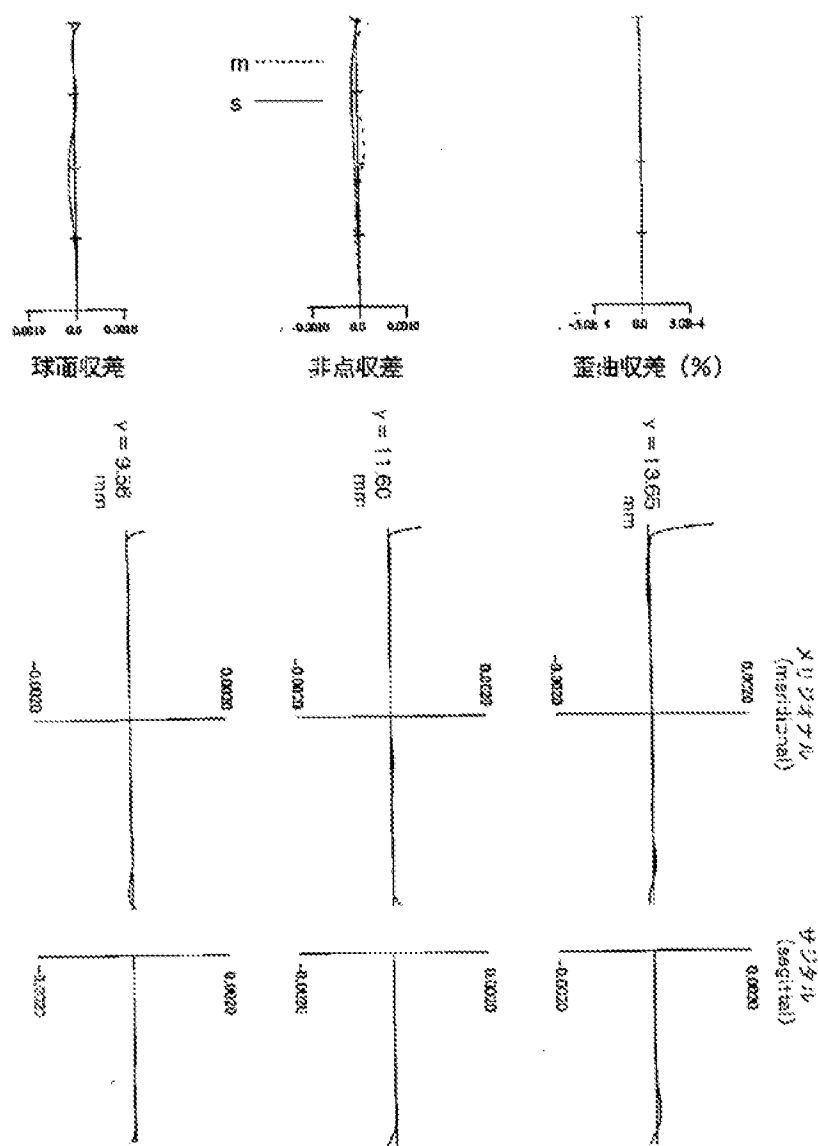
【図42】



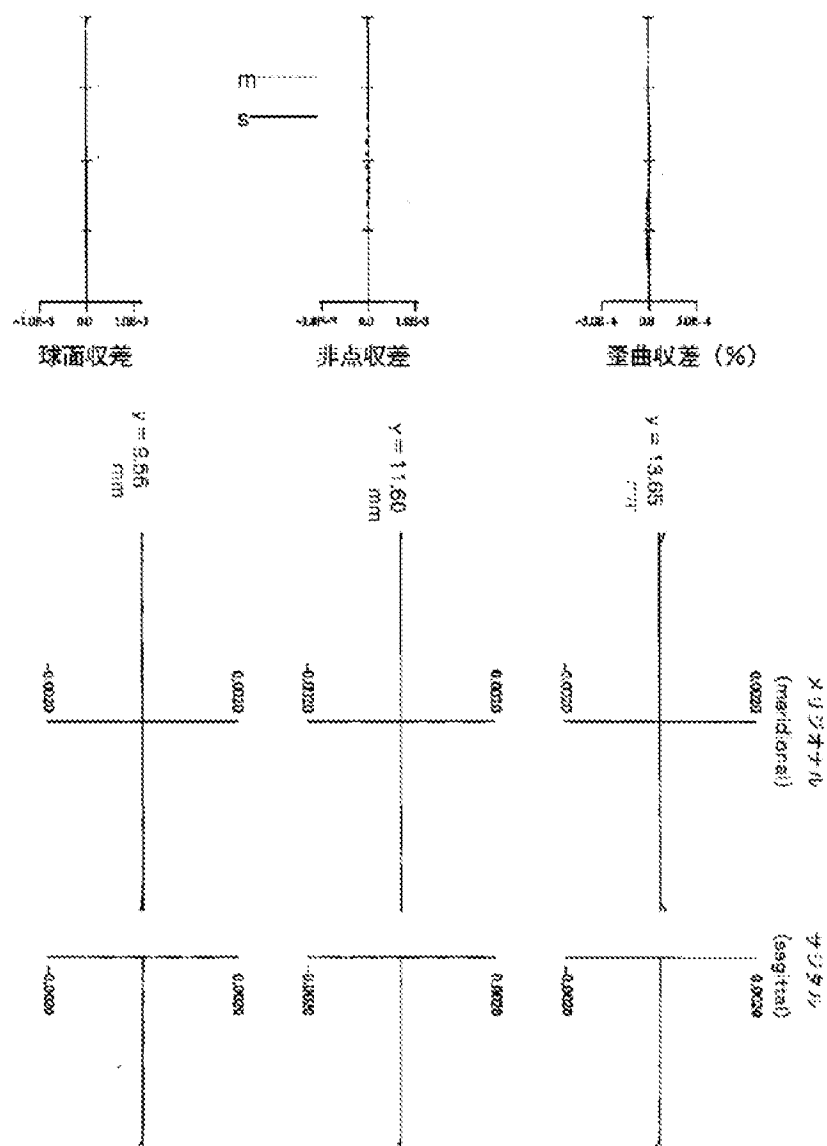
【図43】



【図44】



【図45】



【図46】

数値光学系番号	1	2	3	4
BG2	0.147	-0.127	-0.142	-0.234
BG1	1.352	-1.443	-1.453	-0.857
P1	-0.015848	-0.013128	-0.016405	-0.005458
P1+P2	0.015848	0.013128	0.016405	0.005458
a/LM1	0.977	1.113	0.975	0.930
0/L2/(LM1+2+LM2)	0.983	0.872	0.981	0.971
LM2/LM1	0.688	0.761	0.675	0.448
LM1/L	0.382	0.385	0.365	0.273
1/BGM1	0.623	-0.851	-0.643	-0.498

数値光学系番号	5	6	7	8	9	10	11	12
BG2	-0.569	0.204	-0.184	-0.192	-0.227	-0.121	0.196	-0.198
BG1	-0.775	0.779	-0.829	-0.944	-1.585	-1.358	-2.120	-2.318
P1	-0.010084	-0.009854	-0.009851	0.009098	-0.009000	-0.013156	-0.009163	-0.009042
P1+P2	0.010074	0.009851	0.009860	0.009393	0.009595	0.013159	0.009150	0.009026
a/LM1	1.100	1.088	2.414	1.771	0.929	0.943	0.803	0.787
0/L2/(LM1+2+LM2)	0.823	0.811	0.784	0.823	1.021	0.861	0.910	0.889
LM2/LM1	0.857	0.852	0.684	0.588	0.771	0.790	0.810	0.846
LM1/L	0.280	0.302	0.260	0.268	0.452	0.410	0.352	0.368
1/BGM1	-1.038	-1.782	-1.121	-0.972	-0.986	0.809	-0.884	-0.876

【手続補正書】

【提出日】平成13年2月5日(2001.2.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】物体の像を像面へ投影する投影光学系において、前記物体側から順に、前記物体の像を形成するための第1結像光学系と、該像を前記像面へ再結像するための第2結像光学系とを有し、前記第1結像光学系と前記第2結像光学系とは共通の一直線の光軸に沿って配置しており、前記第1結像光学系が前記物体からの軸外光を反射し且つ集光する第1のミラーを有し、前記第1結像光学系が前記第1のミラーからの光を反射して前記第2結像光学系に入射させる第2のミラーを有するか、或は前記第2結像光学系が前記第1のミラーからの光を前記像面側へ反射する第2のミラーを有し、該第2のミラーにより前記軸外光を前記第1のミラーの有効径外を通過させることを特徴とする投影光学系。

【請求項2】前記第1結像光学系の倍率 $B1$ は、 $|B1| \geq 1$ であることを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項3】前記第1結像光学系が、少なくとも1枚のレンズを有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の投影光学系。

【請求項4】前記レンズが、正の屈折力を有することを特徴とする請求項3に記載の投影光学系。

【請求項5】前記第2結像光学系が、少なくとも1枚の

レンズを有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項6】前記レンズが、正の屈折力を有することを特徴とする請求項5に記載の投影光学系。

【請求項7】前記第1のミラーと第2のミラーの間に、レンズ群を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項8】前記レンズ群が、負の屈折力を有し、前記第1結像光学系における正の屈折力を有する屈折レンズと、前記第1のミラーとの間に配置されていることを特徴とする請求項7に記載の投影光学系。

【請求項9】前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との間に、前記第1結像光学系の瞳を前記第2結像光学系の瞳上へ投影するフィールド光学系を有し、前記第1結像光学系が少なくとも前記第1のミラーを含む正屈折力の第1ミラー群と前記第2のミラーを含む第2ミラー群の2つのミラー群を備え、前記第2ミラー群により反射された前記第1ミラー群からの光束を、前記第1ミラー群の有効径外を通過させるように構成したことを特徴とする請求項1に記載の投影光学系。

【請求項10】前記第2結像光学系は、レンズのみで構成され、正の屈折力を有することを特徴とする請求項9に記載の投影光学系。

【請求項11】前記第2結像光学系は、その倍率をBG2としたとき、

$$-0.5 < BG2 < -0.05$$

を満足することを特徴とする請求項9または請求項10に記載の投影光学系。

【請求項12】前記第1結像光学系は、その倍率をBG

1としたとき、

$$-40, 0 < BGI < -0.5$$

を満足することを特徴とする請求項9～11のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項13】前記フィールド光学系は、全てレンズで構成したことを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項14】前記フィールド光学系は、第1フィールドミラーと、第2フィールドミラーを含む第2フィールドミラー群を有し、前記第1ミラー群の有効径外を通過した軸外光を前記第1フィールドミラー、前記第2フィールドミラーの順に反射させた後に、前記第1フィールドミラーの光軸中心近傍を通過して前記第2結像光学系に入射するように構成されていることを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項15】前記第1フィールドミラーを凹面鏡、前記第2フィールドミラーを凸面鏡としたことを特徴とする請求項14に記載の投影光学系。

【請求項16】前記第1フィールドミラーを凹面鏡、前記第2フィールドミラーを凹面鏡としたことを特徴とする請求項14に記載の投影光学系。

【請求項17】前記第1結像光学系のベッツバール和を $P1$ 、前記フィールド光学系のベッツバール和を Pf 、前記第2結像光学系のベッツバール和を $P2$ としたとき、

$$P1 < 0$$

$$Pf + P2 > 0$$

を満足することを特徴とする請求項9～16のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項18】前記物体と前記第1ミラーの近軸距離を $LM1$ 、前記物体から前記第1ミラーより前記物体側にある光学素子により形成する離共役点までの距離を e としたとき、これらの関係が、

$$0.6 < e/LM1 < 2.5$$

を満足することを特徴とする請求項9～17のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項19】前記第1ミラーと前記第2ミラーの近軸距離を $LM2$ 、前記物体面から前記第1結像光学系が形成した前記像までの光路に沿った近軸距離を OIL としたとき、前記距離 $LM1$ との関係が、

$$0.5 < OIL / (LM1 + 2 / LM2) < 2.0$$

を満足することを特徴とする請求項9～18のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項20】前記距離 $LM1$ と前記距離 $LM2$ との関係が、

$$0.2 < LM2 / LM1 < 0.95$$

を満足することを特徴とする請求項9～19のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項21】前記投影光学系に関する物体面から像面までの距離を l としたとき、前記距離 $LM1$ との関係

が、

$$0.15 < LM1 / l < 0.55$$

を満足することを特徴とする請求項9～20のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項22】前記第1ミラー群の倍率を $BGM1$ としたとき、

$$-2, 0 < 1/BGM1 < 0.4$$

を満足することを特徴とする請求項9～21のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項23】前記第1結像光学系は最も前記物体側に正屈折力のレンズ群を配置したことを特徴とする請求項9～22のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項24】前記第1ミラー群は、負屈折力のレンズと前記第1ミラーを有することを特徴とする請求項9～23のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項25】第2ミラー群は、前記第2ミラーとレンズを有することを特徴とする請求項9～24のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項26】前記物体からの軸外光束が、前記第1ミラー群に入射する前に前記第2ミラー群のレンズを通過することを特徴とする請求項9～25のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項27】前記第1結像光学系の前記第1ミラー群の像面側直後に、前記フィールド光学系に属する正レンズを配置したことを特徴とする請求項9～26のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項28】前記第2フィールドミラーと前記第1フィールドミラーの距離を $LFM1$ 、第2フィールドミラーと像面の距離を $LFM2$ としたとき、

$$0.45 < LFM1 / LFM2 < 0.8$$

を満足することを特徴とする請求項14～16のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項29】前記第2フィールドミラー群は、前記第2フィールドミラーとレンズを有することを特徴とする請求項14～16、請求項28のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項30】前記第1結像光学系の第1ミラーと前記フィールド光学系の第2フィールドミラーの間に前記フィールド光学系に属する正レンズを配置し、前記第1結像光学系の第2ミラーで反射した光束が前記正レンズを通過して前記第1フィールドミラーで反射するように構成されていることを特徴とする請求項14～16、請求項28、請求項29のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項31】前記物体側と前記像面側の双方がテレセントリックであることを特徴とする請求項1～30のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項32】前記投影光学系の倍率は、縮小倍率であることを特徴とする請求項1～31のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項33】前記第1結像光学系が形成した前記像の

位置に、前記像面での結像領域の大きさ及び／又は形状を可変とする視野絞り配置したことを特徴とする請求項1～32のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項34】前記第2結像光学系中に絞りを有することを特徴とする請求項1～33のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項35】請求項1～34のいずれか1項に記載の投影光学系によってマスクのパターンを基板上に投影する投影露光装置。

【請求項36】前記投影にArFエキシマレーザ又はF2レーザからのレーザ光を用いることを特徴とする請求項35に記載の投影露光装置。

【請求項37】請求項35又は36に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンをウェハに露光する段階と、該露光したウェハを現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は投影光学系、投影露光装置およびデバイス製造方法に関し、特にレチクルパターンを半導体ウェハに投影露光する投影光学系に、反射ミラーを用いた反射屈折投影光学系に関するものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】近年、集積回路の高集積化が進むに従い、露光用の投影光学系に対する要求仕様、要求性能もますます厳しいものになってきている。一般に高い解像力を得るためには露光波長の短波長化、NAの高NA化が行われている。しかしながら露光波長の短波長化が193nm(ArFエキシマレーザ光)や157nm(F2エキシマレーザ光)といった領域に達すると使用可能なレンズ材料が石英と螢石に限られてくる。これは主に透過率の低下に起因するものである。従来、例えば特開昭10-79345号公報等に開示されているような全て屈折レンズで構成され、レンズ構成枚数が多く全硝材厚が大きい光学系では、ウェハ上での露光量が低下するためスルーputが低下することとなり、またレンズの熱吸収による焦点位置の変動、収差変動などの問題

(熱収差)が生じてくる。露光波長が193nmでは石英と螢石が使用されるが、それらの分散の差が大きいため色収差の補正が難しく、完璧に補正しようとする

と色消し面の曲率半径が小さい色消しレンズが数個必要になるため、光学系全硝材厚の増大を招き、前述の透過率、熱収差の問題が起こってくる。また現状、螢石に関しては、投影光学系の設計性能を保证するに耐えうる特性を有するものを製造するのが難しく、さらに大口径のものを製造するのが困難な状況である。このことは色補正をさらに難しくし、コストアップの要因となっている。さらに露光波長が157nmとなると使用可能なレンズ材料は螢石のみとなり単一材料だけでは色収差を補正することはできない。いずれにしても屈折系だけで投影光学系を構成することが困難になってくる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】そのため、光学系中にミラーを使用した反射系を導入することにより、前述の透過率、色補正といった課題を回避しようとする提案が種々なされている。例えば、反射系だけで構成されている反射投影光学系が特開平9-211332号公報、特開平10-90602号公報等で開示されている。また、反射系と屈折系を組み合わせた反射屈折投影光学系が、米国特許第5,650,877号明細書、特開昭62-210415号公報、特開昭62-258414号公報、特開昭63-163319号公報、特開平2-66510号公報、特開平3-282527号公報、特開平4-234722号公報、特開平5-188298号公報、特開平6-230287号公報、特開平8-304705号公報等で開示されている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】さて、特開平4-234722号公報、特開平8-304705号公報は、以上説明した従来例の問題点をかなり解決できているが、光路を折り曲げることにより凹面鏡からの光路を分割して、偏心光学的な取扱いが必要となるため、構造が複雑で組み立て調整等も難しい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】そこで、本発明は、上記特開平4-234722号公報、特開平8-304705号公報における光学系を改善し、メカ構造が簡単で組み立て調整が容易な投影光学系、投影露光装置およびデバイス製造方法を

提供することを目的とするものである。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するため、つぎの(1)～(37)のように構成した投影光学系、投影露光装置およびデバイス製造方法を提供する。

(1) 物体の像を像面へ投影する投影光学系において、前記物体側から順に、前記物体の像を形成するための第1結像光学系と、該像を前記像面へ再結像するための第2結像光学系とを有し、前記第1結像光学系と前記第2結像光学系とは共通の一直線の光軸に沿って配置しており、前記第1結像光学系が前記物体からの軸外光を反射し且つ集光する第1のミラーを有し、前記第1結像光学系が前記第1のミラーからの光を反射して前記第2結像光学系に入射させる第2のミラーを有するか、或は前記第2結像光学系が前記第1のミラーからの光を前記像面側へ反射する第2のミラーを有し、該第2のミラーにより前記軸外光を前記第1のミラーの有効径外を通過させることを特徴とする投影光学系。

(2) 前記第1結像光学系の倍率 B は、 $|B| \geq 1$ であることを特徴とする上記(1)に記載の投影光学系。

(3) 前記第1結像光学系が、少なくとも1枚のレンズを有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載の投影光学系。

(4) 前記レンズが、正の屈折力を有することを特徴とする上記(3)に記載の投影光学系。

(5) 前記第2結像光学系が、少なくとも1枚のレンズを有することを特徴とする上記(1)～(4)のいずれかに記載の投影光学系。

(6) 前記レンズが、正の屈折力を有することを特徴とする上記(5)に記載の投影光学系。

(7) 前記第1のミラーと第2のミラーの間に、レンズ群を有することを特徴とする上記(1)～(6)のいずれかに記載の投影光学系。

(8) 前記レンズ群が、負の屈折力を有し、前記第1結像光学系における正の屈折力を有する屈折レンズと、前記第1のミラーとの間に配置されていることを特徴とする上記(7)に記載の投影光学系。

(9) 前記第1結像光学系と前記第2結像光学系との間に、前記第1結像光学系の瞳を前記第2結像光学系の瞳上へ投影するフィールド光学系を有し、前記第1結像光学系が少なくとも前記第1のミラーを含む正屈折力の第1ミラー群と前記第2のミラーを含む第2ミラー群の2つのミラー群を備え、前記第2ミラー群により反射された前記第1ミラー群からの光束を、前記第1ミラー群の

有効径外を通過させるように構成したことを特徴とする上記(1)に記載の投影光学系。

(10) 前記第2結像光学系は、レンズのみで構成され、正の屈折力を有することを特徴とする上記(9)に記載の投影光学系。

(11) 前記第2結像光学系は、その倍率を $BG2$ としたとき、

$$-0.5 < BG2 < -0.05$$

を満足することを特徴とする上記(9)または上記(10)に記載の投影光学系。

(12) 前記第1結像光学系は、その倍率を $BG1$ としたとき、

$$-40.0 < BG1 < -0.5$$

を満足することを特徴とする上記(9)～(11)のいずれかに記載の投影光学系。

(13) 前記フィールド光学系は、全てレンズで構成したことを特徴とする上記(9)～(12)のいずれかに記載の投影光学系。

(14) 前記フィールド光学系は、第1フィールドミラーと、第2フィールドミラーを含む第2フィールドミラー群を有し、前記第1ミラー群の有効径外を通過した軸外光を前記第1フィールドミラー、前記第2フィールドミラーの順に反射させた後に、前記第1フィールドミラーの光軸中心近傍を通過して前記第2結像光学系に入射するように構成されていることを特徴とする上記(9)～(12)のいずれかに記載の投影光学系。

(15) 前記第1フィールドミラーを凹面鏡、前記第2フィールドミラーを凸面鏡としたことを特徴とする上記(14)に記載の投影光学系。

(16) 前記第1フィールドミラーを凹面鏡、前記第2フィールドミラーを凹面鏡としたことを特徴とする上記(14)に記載の投影光学系。

(17) 前記第1結像光学系のベッツバール和を $P1$ 、前記フィールド光学系のベッツバール和を Pf 、前記第2結像光学系のベッツバール和を $P2$ としたとき、 $P1 < 0$

$$Pf + P2 > 0$$

を満足することを特徴とする上記(9)～(16)のいずれかに記載の投影光学系。

(18) 前記物体と前記第1ミラーの近軸距離を $LM1$ 、前記物体から前記第1ミラーより前記物体側にある光学素子により形成する瞳共役点までの距離を e としたとき、これらの関係が、

$$0.6 < e/LM1 < 2.5$$

を満足することを特徴とする上記(9)～(17)のいずれかに記載の投影光学系。

(19) 前記第1ミラーと前記第2ミラーの近軸距離を $LM2$ 、前記物体面から前記第1結像光学系が形成した前記像までの光路に沿った近軸距離を OIL としたとき、前記距離 $LM1$ との関係が、

$0.5 < 0.1L / (LM1 + 2 \times LM2) < 2.0$

を満足することを特徴とする上記(9)～(18)のいずれかに記載の投影光学系。

(20) 前記距離LM1と前記距離LM2との関係が、 $0.2 < LM2 / LM1 < 0.95$

を満足することを特徴とする上記(9)～(19)のいずれかに記載の投影光学系。

(21) 前記投影光学系に関する物体面から像面までの距離をLとしたとき、前記距離LM1との関係が、 $0.15 < LM1 / L < 0.55$

を満足することを特徴とする上記(9)～(20)のいずれかに記載の投影光学系。

(22) 前記第1ミラー群の倍率をBGM1としたとき、

$-2.0 < 1 / BGM1 < 0.4$

を満足することを特徴とする上記(9)～(21)のいずれかに記載の投影光学系。

(23) 前記第1結像光学系は最も前記物体側に正屈折力のレンズ群を配置したことを特徴とする上記(9)～(22)のいずれかに記載の投影光学系。

(24) 前記第1ミラー群は、負屈折力のレンズと前記第1ミラーを有することを特徴とする上記(9)～(23)のいずれかに記載の投影光学系。

(25) 第2ミラー群は、前記第2ミラーとレンズを有することを特徴とする上記(9)～(24)のいずれかに記載の投影光学系。

(26) 前記物体からの軸外光束が、前記第1ミラー群に入射する前に前記第2ミラー群のレンズを通過することを特徴とする上記(9)～(25)のいずれかに記載の投影光学系。

(27) 前記第1結像光学系の前記第1ミラー群の像面側直後に、前記フィールド光学系に属する正レンズを配置したことを特徴とする上記(9)～(26)のいずれかに記載の投影光学系。

(28) 前記第2フィールドミラーと前記第1フィールドミラーの距離をLFM1、第2フィールドミラーと像面の距離をLFM2としたとき、

$0.45 < LFM1 / LFM2 < 0.8$

を満足することを特徴とする上記(14)～(16)のいずれかに記載の投影光学系。

(29) 前記第2フィールドミラー群は、前記第2フィールドミラーとレンズを有することを特徴とする上記(14)～(16)、上記(28)のいずれかに記載の投影光学系。

(30) 前記第1結像光学系の第1ミラーと前記フィールド光学系の第2フィールドミラーの間に前記フィールド光学系に属する正レンズを配置し、前記第1結像光学系の第2ミラーで反射した光束が前記正レンズを通り前記第1フィールドミラーで反射するように構成されていることを特徴とする上記(14)～(16)、上記(2

8)、上記(29)のいずれかに記載の投影光学系。

(31) 前記物体側と前記像面側の双方がテレセントリックであることを特徴とする上記(1)～(30)のいずれかに記載の投影光学系。

(32) 前記投影光学系の倍率は、縮小倍率であることを特徴とする上記(1)～(31)のいずれかに記載の投影光学系。

(33) 前記第1結像光学系が形成した前記像の位置に、前記像面での結像領域の大きさ及び/又は形状を可変とする視野絞りを配置したことを特徴とする上記(1)～(32)のいずれかに記載の投影光学系。

(34) 前記第2結像光学系中に絞りを有することを特徴とする上記(1)～(33)のいずれかに記載の投影光学系。

(35) 上記(1)～(34)のいずれかに記載の投影光学系によってマスクのパターンを基板上に投影する投影露光装置。

(36) 前記投影にArFエキシマレーザ又はF2レーザからのレーザ光を用いることを特徴とする上記(35)に記載の投影露光装置。

(37) 上記(35)または(36)に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンを前ウェハに露光する段階と、該露光したウェハを現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】第2結像系Gr2はすべて屈折レンズ系で構成し正屈折力を有することにより、高NA化に対応可能とし、さらに像側作動距離を確保しやすくしている。仮に第2結像系Gr2が凹面ミラーを有している場合は、従来例で説明をしたように高NA化、像側作動距離の確保が困難になってくる。フィールド光学系Grfは図3の(A)に示すように全て屈折レンズ系で構成することも可能であるし、図3の(B)に示すように2枚のミラーを有する構成も可能である。後に実施例で示すように正レンズFL1は、パワー配置によっては不要とすることも可能である。また図3の(B)の場合、第1フィールドミラーFM1は凹面鏡であり、第2フィールドミラーFM2は凸面鏡という構成となっているが、第2フィールドミラーFM2は凹面鏡で構成することも可能である。色補正に関しては第1結像系Gr1の色消し状況を、第1ミラー群GM1を負屈折力のレンズLN1と凹面の第1ミラーM1で構成することにより、上記a₁の作用を利用して色消し過剰とすることができるので、レンズ使用硝種が1種類であっても色収差補正が可能となっている。これは特にArFエキシマレーザやF2エキシマレーザが光源の場合には、大きなメリットであ

る。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】また、第1結像系Gr1の第1ミラー群GM1にて上記b.の作用により、第1結像系Gr1では大きな負のベッツバール和となるので、従来の屈折レンズ系のようにベッツバール和補正用の負屈折力レンズを多用することなしに、フィールド光学系Grf、第2結像系Gr2を構成することができ、レンズの枚数を少なくすることができる。さらに、第1結像系Gr1の第2ミラー群GM2をレンズLP1とミラーM2で構成すれば、第2ミラー群GM2のトータルのパワーは不変でありながら、レンズLP1と第2ミラーM2のパワー分担を変化させることにより、いかようにもベッツバール和を制御可能となるので、収差補正の自由度が増加し光学素子枚数の削減に貢献する。これは図3のBに示す第2フィールドミラーFM2においても同様に、第2フィールドミラーFM2とレンズLFを組み合わせて第2フィールドミラー群とすることによりベッツバール和補正の自由度が増加し光学素子枚数の削減に貢献する。そして、第1結像系Gr1の大きな負のベッツバール和を打ち消すべく第2結像系Gr2の正の屈折力も大きくなる必然性が生じ、かつ、第1結像系Gr1から射出する主光線高が第1ミラー群GM1の外側を通るため高い位置でフィールド光学系Grfに入射し、フィールド光学系Grfから第2結像系Gr2に入射する主光線の角度が大きくなり、これにより像側テレセントリックを保つためには、第2結像系Gr2の正の屈折力が大きくなる必然性が生じ、この2つの必然性から矛盾することなく第2結像系Gr2の正の屈折力を大きくすることができるので第2結像系Gr2の有効径は小さくなり、小型軽量化がなされる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】ミラーへの入射角に関して、本実施の形態ではリングフィールド系であるので、瞳の中抜けを生じるカセグレン型やシュワルツシルト型を応用した光学系よりもミラーへの入射角を小さくすることができ、また第1結像系Gr1では第1ミラーM1を瞳共役点近傍に配置し、第2ミラーM2で反射した光束が第1ミラー群GM1の有効径外の周近傍を通過するようにしており、ミラー上の光軸から離れた高い位置で反射させることがないので、第1ミラーM1、第2ミラーM2とも入

射角が極端に大きくなることはない。また、フィールド光学系Grfの構成が図3の(B)の場合では、第1フィールドミラーFM1と第2フィールドミラーFM2の間隔をできる限り確保しており光束幅も狭いので、これも入射角が極端に大きくなることはない。像面上での結像領域幅に関しては、有効光束をできるだけ確保するようにミラーを配置する必要があるが、フィールド光学系Grfが屈折レンズ系のみの場合でもミラーを含むBの場合でも第1結像系Gr1においては収差補正の許容範囲で物高を高くすればよいので、障害にはならない。また、フィールドミラーを有するBのフィールド光学系Grfでは、光束幅が狭いので有効光束が欠られないようにすることは容易であり、これも障害にならない。したがって十分に結像領域幅を確保することは可能である。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】また、第1結像系Gr1において物体面の直後に正レンズ群G1を配置することにより、歪曲収差等の補正に効果を発揮し、かつ物体側テレセントリック性を良好に保つことが可能となる。したがって物体面（レチクル）や像面（ウェハー）の反り、デフォーカスによる倍率変化を小さくするには正レンズ群G1と第2結像系Gr2とによって、物像界で両側テレセントリックな光学系とするのが良い。なお、本発明では、図3に示すように第2ミラーM2は光束分離のためには半円盤状とする必要があり、正レンズ群G1は半円盤状でも、レンズ製造、レンズ保持の容易さから円盤状でも良く、さらに光軸の下方表面部分に第2ミラーM2を形成する構成としても良い。同様の理由で、レンズLP1においても半円盤状としているが円盤状でも良く、このときは光束はレンズLP1を3度通過することになる。このとき同様にレンズLP1の下方表面部分に第2ミラーM2を形成する構成としても良い。同様に第1ミラーM1もレンズLN1の裏面鏡として構成しても良く、本発明で使用されるミラーは、どのミラーであっても収差補正の観点からも、裏面鏡であっても良い。また図3の(A)、(B)に示すようにフィールド光学系は、第1結像系Gr1の第1ミラー群GM1の像面側背後に配置される正レンズFL1を有することで、径の増大化を抑制することができ、また正レンズFL1の第1面を2重曲率にする等不連続な形状にする必要が生じるが、第1ミラーM1を正レンズFL1の中心部分に形成しても良い。さらに、第1結像系Gr1の中間像の位置に像面上の結像領域が可変となる視野絞り配置することもできる。これにより、照明系（不図示）を簡素化することができる。

フロントページの続き

(72)発明者 加藤 隆志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA21 NA02 NA04 TA01 TA02

TA04 TA06 UA03 UA04

5F046 BA05 CA04 CA08 CB02 CB12

CB25